

168.

ملک کے ماسٹر

303-5-1

A. 968

A0568

٥

الجزء الاول من كتاب كشف رموز السر

المصون * في تطبيق الهندسة

على القنون * تعريب

عيسى افندي

زهزان

فهرسة الجزء الاول من كتاب كشف رموز السبر المصون *

صحيحة

في تطبيق الهندسة على القنون *

خطبة الكتاب

الدرس الاول في الخط المستقيم والزوايا والخطوط العمودية والمائلة
(ويشتمل على رسم الخطوط المستقيمة وصحتها وكذلك المستوى ونسبه

مع الخط المستقيم)

بيان اقيسة الطول

بيان المقياس (ويشتمل على بيان الزوايا)

امتحان صحة المسطرة الثلثية

بيان تطبيق الاجسام على بعضها

عملية تصحيح الخطوط العمودية

الدرس الثاني في الخطوط المتوازية وارتباطها بالخطوط العمودية

والمائلة (ويشتمل على بيان كون الخطوط المتوازية على بعد واحد)

اجراء العملية في سكك الحديد اى السكك ذات القضبان

تطبيق الخطوط المتوازية على عجلات الآلة المستعملة لغزل القطن

(وفيه مسطرة الرسامين المستعملة في رسم المتوازيات)

بيان تطبيق العملية على حركة الدروج في بيوتها

بيان تطبيق العملية على حركة المكاييس في الطلبات

بيان تطبيق العملية على لجة القماش وحياكته

بيان تطبيق العملية على رسوم الابنية المدنية والبحرية

بيان تطبيق الخطوط المتوازية على رسم الهندسة الوصفية اى قواعد

المساقط

بيان تطبيق طريقة المساقط على فن الميكانيكة

بيان اجراء العملية في رسم الخطوط المنحنية (وكذلك المثال الشهير

المقرر في اماره السفين)

مثال ناشئ من رسم الطرق والنجمان (ويشتمل على رسم الاراضى
بخطوط افقية)

٣٧

الدرس الثالث في بيان الدائرة (ويشتمل على تعريفها وعلى المحيط
والمركز وانصاف الاقطار والاقطار وعلى الوتر والسهم وعلى التماس
الدائرة عمود على نصف قطرها)

٣٩

اجراء العملية في رسم الخطوط

٤١

اجراء العملية في خراط جسم متحرك بواسطة آلة ثابتة

٤٣

اجراء العملية في عمل الاجار المعدة لسن الآلات او تسطيج السطوح

٤٣

اجراء العملية في خراط الاجسام الثابتة

٤٤

اجراء العمل في التدوير

٤٤

اجراء العملية في الحركات المتوازية

٤٥

اجراء العملية في تركيب الآلات

٤٥

اجراء العملية في نقل حركة مستديرة من محور الى اخر

٤٦

بيان البيور المحيط بالدوائر

٤٦

بيان حركة دائرة في اخرى

٤٧

اجراء العملية في اللعب الجارية

٤٨

تقسيم الدائرة ونطبقها على قياس الزوايا

٤٨

بيان الطرق السهلة التي يمكن استعمالها في تقسيم الدائرة (ويشتمل

٤٩

على نسبة المحيط الى نصف القطر)

بيان استعمال اقواس الدائرة في قياس الزوايا (ويشتمل على بيان

٥٠

الدرجات والدقائق والثواني وغيرها)

٥٢

اجراء العملية في علم الجغرافيا

٥٣

بيان تقسيم الدائرة المستعمل في تركيب الآلات

٥٤

بيان الآلات المعدة لقياس الزوايا

بيان الآلات المعدة لتقسيم الدوائر

الدرس الرابع في بيان الاشكال المتنوعة التي يمكن جعلها لمحصلات الصناعة بواسطة الخط المستقيم والدائرة (ويشتمل على بيان المثلث المستوي وانواع المثلثات المختلفة والمثلث المتساوي الساقين وعلى شرط تساوي المثلثات)

٥٧

٥٨

٥٩

٦٠

٦١

٦٢

٦٣

٦٤

٦٥

٦٦

٦٧

٦٨

٦٩

٧٠

٧١

٧٢

٧٣

٧٤

٧٥

٧٦

٧٧

٧٨

٧٩

بيان الاشكال ذوات الاضلاع الاربعة

بيان اجراء العمليات (ويشتمل على المعين والمستطيل والمربع)

بيان تماثل الاشكال ذوات الاضلاع الاربعة (ويشتمل على مجموع زوايا

المثلث وعلى الاشكال المربعة والمخمس والمسدس)

بيان مائة ملق بالدائرة والاشكال المنتهية بخطوط مستقيمة (ويشتمل

على الاشكال الكثيرة الاضلاع المنتظمة)

تطبيق الاشكال كثيرة الاضلاع المنتظمة على الاستحكامات المنتظمة

تطبيق الاشكال المتقدمة على التبليط وتلوين الاخشاب والخرز

والتزويق (ويشتمل على الاشكال ذات الاضلاع المنتظمة التي يمكن بها

تغطية المسافة على وجه الضبط ويتضمن ايضا التطبيق على البناء)

بيان الاشكال المنتهية بخطوط مستقيمة واقواس دائرية (ويشتمل على

التطبيق على الملاعب والمدارج والقباب المقبوضة والقباب الحادة

والقباب المصنوعة على صورة اذن القف)

بيان رسم تفصيل العمارات

الدرس الخامس في بيان الاشكال المتساوية والمتماثلة والمتناسبة

(ويشتمل على تساوي الاشكال)

بيان طبع الرسم اي النقل بالقلم

بيان نقل الرسم

صحيحة

٧٩

بيان تماثل الاشكال

بيان تحصيل الاشكال المتساوية او المتماثلة بالنحت والطبع والتفريزافيا

٨٠

اي الطبع بالجبر وغير ذلك

٨٠

بيان تحصيل الاشكال المتساوية بالطبع

٨٣

بيان قاعدة المربعات

٨٥

بيان الاشكال المناسبة

٨٧

بيان التقسيمات الصغيرة للمقاييس المهمة

٨٨

بيان تصحيح رسم ارنيك آلة او محصول صناعة

٨٩

بيان الخاصية الاصلية للناسب الهندسي

٩٢

بيان المثلثات المتشابهة

٩٥

بيان بيكار التناسب

٩٧

بيان الاشكال الكثيرة الاضلاع المنتظمة المتشابهة

الدرس السادس في بيان اخذ مسطح الاشكال المستوية المنتهية

٩٩

بخطوط مستقيمة او مستديرة

١٠٧

بيان استحالة تربيعة الدائرة

١٠٧

بيان تماثل سطح الاشكال المتشابهة لبعضها

١٠٩

بيان اجراء العملية

١١٠

بيان اجراء العملية في صناعة الصعني

١١٠

بيان اجراء العملية في قطع الاوتاد

١١٣

بيان عملية خراط الاجسام

بيان استعمال الآلة التي ابتدعها برايمه في شأن قطع السطوح

١١٣

المستوية

١٢٠

الدرس السابع في بيان المجسمات المنتهية بالمستويات

١٢١

بيان اجراء العملية

١٢٢

بيان اجراء العملية في علم النظر

١٢٣

بيان اجراء العملية في علم المباني

١٢٣

بيان اجراء العملية في الميكانيك

١٢٤

بيان اجراء عدة عمليات مختلفة

١٢٤

بيان المناشير البلورية

١٣٢

بيان مساحة الاجسام المنتهية باوجه مستوية

١٣٤

بيان تكعيب شكل الاهرام

بيان تكعيب الجسم المنتهى من جميع جهاته باوجه مستوية على

١٣٦

حسب المطلوب

١٣٨

اجراء العملية في تكعيب قارين السفن

١٣٩

بيان المجسمات المتشابهة

١٤٢

الدرس الثامن في بيان الاسطوانات

١٤٤

الطريقة الاولى في صناعة الاسطوانة بواسطة الاضلاع

١٤٤

بيان اجراء العملية في صناعة صواري السفن

الطريقة الثانية في صناعة الاسطوانة بواسطة المنحنيات المتساوية

١٤٥

المتوازية

١٤٥

بيان صناعة اخشاب الرماح وقضبان الطمار

١٤٥

اجراء العملية في التكعيبات والتشييكات وغيرها

١٤٨

بيان صناعة الاسطوانات بالمد والسحب

١٤٩

بيان صناعة الاسطوانات بالسبك والصب في القالب

١٤٩

بيان صناعة الاسطوانات بالثقب

١٤٩

بيان صناعة الاسطوانات بالنشر

١٤٩

بيان صناعة الاسطوانة عند المعمار جية

١٥٠

بيان مساحة سطح الاسطوانات

صحيحة

١٥٢	بيان مساحة حجم الاسطوانات
١٥٣	اجراء عملية خواص الاسطوانة في تجديد الظلال
١٥٤	اجراء عملية خواص الاسطوانة في الهندسة الوصفية
١٥٥	بيان استعمال الاسطوانة في الزراعة
١٥٥	بيان استعمال الاسطوانة في ترقيق الطير
١٥٥	بيان الاسطوانات المركبة اعنى آلات الخلق
١٥٦	بيان استعمال الاسطوانات في عمل الورق
١٥٦	بيان استعمال الاسطوانات في صناعة الطبع
١٥٦	بيان طبع الليتغرافية اى الطبع على الحجر
١٥٧	بيان الطبع بالنقش
	بيان استعمال الاسطوانات المزدوجة في صناعة الحديد وجعله
١٥٧	قضايا
١٥٧	بيان استعمال الاسطوانات في ندف القطن
١٥٨	بيان استعمال الاسطوانات في غزل القطن والتيل ونحو ذلك
١٥٨	بيان تخطيط الاسطوانات
١٦٠	الدرس التاسع في بيان السطوح المخروطة
١٦٦	بيان استعمال آلة التصوير
٢٦٨	بيان الاوضة المظلمة
١٦٩	بيان الصورة الخيالية
١٦٩	بيان الخيال الظلي
١٧٠	بيان قاعدة علم المنظر
١٧٣٠	بيان اجراء علم المنظر في فن المعمارية
١٧٥	بيان اجراء عملية علم المنظر في التصوير
١٧٦ /	بيان اجراء علم المنظر في رسم الآلات ومحصولات الصناعة

صحيحة

- ١٧٧ بيان اجراء عملية علم المنظر في زخرفة محل الالعب
- ١٧٧ بيان اجراء عملية المساقط المخروطية في علم الجغرافيا
- الدرس العاشر في بيان السطوح المنتشرة والسطوح المعوجة
- ١٧٨ اي مضاعفة الانحناء وغير ذلك
- ١٨٠ بيان اجراء العملية
- ١٨٠ بيان اجراء العملية في صناعة البسط والرخ
- ١٨١ بيان نشر الاخشاب المنحنية
- ١٨٢ بيان اجراء عملية السطوح المنتشرة في قطع الاحجار
- ١٨٤ بيان اجراء عملية السطوح المنتشرة في غطاء القباب والقبوات
- ١٨٤ بيان اجراء عملية السطوح المنتشرة في تبطين السفن
- ١٨٨ بيان الانموذجات والارايك المنتشرة
- ١٨٨ بيان اجراء العملية في تفصيل اقمشة الملبوسات
- ١٩١ بيان السطوح المعوجة اي مضاعفة الانحناء
- ١٩٢ بيان اجراء العملية في عمارة السفن
- ١٩٢ بيان عمل الاخشاب المنحنية
- ١٩٦ الدرس الحادي عشر في بيان سطوح الدوران
- ١٩٨ بيان سطوح الدوران المتولد من حركة خط مستقيم
- ١٩٩ بيان المقراض
- ١٩٩ بيان محلات الغزل
- ١٩٩ بيان الكرة
- ٢٠١ بيان الطرق المستعملة في رسم الكرة
- ٢٠٤ بيان مساحة حجم الكرة وقطوعها
- ٢٠٦ بيان اجراء العملية
- ٢٠٧ بيان اجراء عملية في علمي الجغرافيا والهيئة

٢٠٨	بيان فنية سطح الارض الى مربعات كروية ليتيسر بها تخطيط الاماكن.
٢١٠	بيان اجراء العملية في اتجاه الطرق في علم الملاحة
٢١٢	بيان الكرة السماوية
٢٢١	الدرس الثاني عشر في بيان السطوح الخلزونية
٢٢٣	بيان شكل البريمة الخلزونية
٢٢٥	بيان اجراء العملية
٢٢٧	بيان اجراء العمليات
٢٢٨	بيان الاعمدة الملتفة
٢٢٨	بيان الامبيق المتوى
٢٣٠	بيان غزل التيل والكتان
٢٣١	بيان غزل الصوف والقطن
٢٣٥	بيان السطوح الخلزونية المستعملة في السلام
٢٣٥	بيان السطح الخلزوني لبريمة المهندس ارشيدس
٢٣٨	الدرس الثالث عشر في بيان تقاطع السطوح
٢٤١	بيان مسقطي الخط المستقيم
٢٤٣	بيان مسقطي كثير الاضلاع
٢٤٦	بيان تقاطع الخطوط المستقيمة والمستويات مع السطوح المنحنية
٢٤٧	بيان كيفية رسم مسقطي الاسطوانة
٢٤٧	بيان تقاطع الاسطوانة مع المستوى
٢٤٨	بيان اجراء العملية في انشاء السفن
٢٤٨	بيان اجراء عملية تقاطع الاسطوانة مع الظلال
٢٥٠	بيان اجراء العملية في علم المنظر
٢٥٠	بيان تقاطع المخروط والمستوى

بيان القطع الناقص

بيان اجراء العملية في علم الضوء

بيان اجراء العملية في علم السمع اى انعكاس الصوت

بيان القطع المكافئ

بيان اجراء العملية في المنارات

بيان القطع الزائد

بيان تقاطع الشكل المخروطى بالسطوح المنحنية

بيان اجراء العملية في معرفة علم النور

بيان البانوراما اى المنظر العام

بيان المراة المسكورة

بيان المناظر المرسومة صورتها في داخل القبيب والقبوات

بيان البطلال المخروطية

الدرس الرابع عشر في بيان الخطوط والمستويات المماسية للمنحنيات

والسطوح

بيان المستويات المماسية للسطوح

بيان المستوى المماس للاسطوانة

بيان رسم المستويات بالاسطوانات المماسية

بيان رسم الاسطوانة بالمستويات المماسية

بيان المستويات المماسية للمخروط

بيان اجراء العملية

بيان المستويات المماسية للسطوح المنتشرة

بيان الاسطوانات المماسية لبعضها على حسب اى ضلع كان

بيان المخاريط والاسطوانات المماسية لبعضها في اى ضلع كان

بيان الاسطوانات المماسية والمكثفة بسطوح آخر

صفحة

٢٧٠

بيان الاسطوانات التي تكتنف بالكرة

٢٧٠

بيان اجراء عملية ذلك

٢٧٠

بيان معيار الاكر

٢٧١

بيان اجراء العملية في الظلال

٢٧٢

بيان اجراء العملية في فن النجارة

٢٧٣

بيان البكسوف

٢٨١

بيان اجراء عملية الصقل والجلي وغير ذلك

٢٨٢

الدرس الخامس عشر في بيان انحناء الخطوط والبسوط

٢٨٣

بيان اجراء العملية في انحناء الارض

٢٩١

بيان انحناء الكرة

بيان الخطا والضواب من الجزء الاول من كتاب كشف رموز السر المصون
في تطبيق الهندسة على الفنون

خطا	ضواب	صحيفة	سطر
خواصا	خواص	٦	٢٣
المقاس	المقيس	١١	٥
(شكل ٢٧)	(شكل ١٢)	١١	٢٥
وحيل	او حيل	١٦	١٩
٥٥	٥٥	٢٠	٢٠
ث	وث	٢٤	٢
لأن	الآن	٢٨	٢١
مستقيم	مستقيم	٣٠	١٢
وقل اختلاف	واقل اختلاف	٣١	٨
مر اب بدن	مر اب شدن	٣٦	٧
و د ع	و د ع	٤١	٢
م د ع	م د ع	٤١	٤
م د ع	م د ع	٤١	٦
و د	و د	٤٢	٣
نقطة ح	نقطة ح	٤٢	٢٣
٥٥٧٦	٥١٧٦	٥٠	١٢
موضوعين	موضوعا	٧٥	٢٢
كشكلا	كشكلا	٨١	٥
الى ب شد	الى ب شد	٨١	٢٢
ام	ام	٨٧	١٥
كان مر	كان مر	٨٨	١٦
بينهما التناسب	بينهما التناسب	٩٠	٢١

خطا	صواب	صحيحة	سطر
مثلثه ا ب ث	مثلث ا ب ث	٩٢	١١
هـ ب ث	هـ ب ف	٩٦	٢١
س ض ا ب	س ض ا ب	١٠٢	١
ص ر	ص ز	١٠٢	١٨
ل م ن ف	ل م ن و	١٠٣٠	١٨
(شكل ٢٨)	(شكل ٨)	١٠٦	٥
ن ح خ ب خ	ن ح خ م	١١٧	٩
ن و	ث و	١١٨	٢١
ج ر	خ ر	١٢٠	٢
ح ر	خ ز	١٢٠	٦
القطاع الخشب	لقطاع الخشب	١٢٨	٥
وس	موس	١٣٥	٢٢
بناء ذلك	بنا ذلك	١٣٦	٨
المجسمتين	المجسمتان	١٤٠	١٠
٣	٣	٩٤١	١٣
م ن ح خ	م ن ح خ	١٤٣	٨
ث	ث	١٤٥	٨
وتصغر	وتصغر	١٤٨	٢٤
ح ح ر ص	ح ح ر ص	١٥٤	٢٣
(شكل ١٧)	(شكل ١٨)	١٥٨	٢
(شكل ١٥)	(شكل ١٩)	١٥٨	١١
المسمى اوالياف	المسمى بالشبيكة		
العين المشتبكة	اوالياف العين		
بالشبيكة	المشتبكة	١٦٨	٣

خطا	صواب	صحيفه	سطر
ان الخيط	ان الخيط	١٩٢	١٠١
٢٥	٢٥	١٩٦	١٣
(شكل ٩)	(شكل ٦)	٢٠١	٤
٣٠٠	٣٠	٢٢٥	٦
والخار بوز	والخار بوز	٢٢٨	٢
دف	دق	٢٤٣	٥
المتطرفة	المتطرفة	٢٤٧	١٠
دائرة ابثد	دائرة ابث	٢٦١	٢٤

کشف رموز السیر المصون

۱۵۳۰
۱

تفتی

کشف رموز السیر المصون



الحمد لله الذي امتد علمه بسائر الاشياء كل الامتداد * وتنزه عن ان تحصره اقطار وجهات وابعاد * احكم ما صنع * ووضعه على امتن اساس * واتقن ما ابتدع * لا على مثال ولا قياس * وغدت الافكار تهم في دوائر ملكوته فلم تدرك له غاية * ولم تقف له عند حد ولا نهاية * والصلاة والسلام على من براهين فصاحته قاطعه * ودلائل بلاغته قامعه * من كرم محيط المآثر والمفاخر * منبع علوم الاوائل والاواخر * سيدنا محمد الذي خلق على احسن الاشكال * الجوهر الفرد الذي حبل بالايات البينات كل اشكال * وعلى آله واصحابه الذين اقاموا عماد الدين * على سطح مستو على الاستقامة متين * ثم الدعاء لمضرة فخر امر آء الزمان * وصدر اهل التمدن والعمران *

الحمد لله الذي امتد علمه بسائر الاشياء كل الامتداد * وتنزه عن ان تحصره اقطار وجهات وابعاد * احكم ما صنع * ووضعه على امتن اساس * واتقن ما ابتدع * لا على مثال ولا قياس * وغدت الافكار تهم في دوائر ملكوته فلم تدرك له غاية * ولم تقف له عند حد ولا نهاية * والصلاة والسلام على من براهين فصاحته قاطعه * ودلائل بلاغته قامعه * من كرم محيط المآثر والمفاخر * منبع علوم الاوائل والاواخر * سيدنا محمد الذي خلق على احسن الاشكال * الجوهر الفرد الذي حبل بالايات البينات كل اشكال * وعلى آله واصحابه الذين اقاموا عماد الدين * على سطح مستو على الاستقامة متين * ثم الدعاء لمضرة فخر امر آء الزمان * وصدر اهل التمدن والعمران *

مجدد ببيان العلوم والفنون بعصرنا * بعد ان درست آثارها بمصرنا *
 رب المفاتيح التي شهد بفضلها الخاص والعام * ولما اثر التي تسود على الثريا
 وتفاسر العمام * خلد الله حكومته البهية * وبلغه كل القصد والامنية *
 ولا زال باقيا عدله المنشور * الى يوم البعث والنشور * وبعد فيقول مترجو
 هذا الكتاب لما كانت مدرسة الاسنة * حائرة من كل فن احسنه *
 وكما من انتظم في سلك تلامذتها شمرنا عن ساعد الجد والاجتهاد * وبذلنا كل
 الجهد في تحصيل المراد * وعثرنا على ذلك بهمة ناظر تلك المدرسة التي سبكت
 بحسن ادايته * وفرط عنايته * منهج التقدم والنجاح * وسارت سير البدر
 في غسق الدجاء الى ظهور الصباح * حيث افرغ وسعه في التعليم * وسلك
 طريق التفهم والتفهم * كيف لا وقد جمع بين مرتبتي المعقول والمنقول *
 وحاز قضايي الفروع والاصول * حضرة رقاعة افندي * حفظه المعبد
 المبدى * فبعد ان تحققت الآمال * وبجوزيت الاعمال * وكما من زهرة
 رجال قلم المترجم * الذي يابى الله الا ان ينشر عمله وعلمه * ترجمنا من الفرنسية
 الى العربية باهر من تغت بمده الورق على الايك * مديونان عموم
 المدارس ادهم بيك * الفائز بالحاسن العلمية والعملية * المستوى على
 المعارف الكلية والجزئية * في العلوم الرياضية وغير الرياضية * وكان في تطبيق
 الهندسة والميكانيكة على الحرف والصناعات والفنون المستظرفة تحت رئاسة
 رب الذكاء الرائق * والفهم القاطق * من فاق الاقران * في حومة الميدان *
 وبرع في الفنون الهندسية * ومهتر في العلوم الرياضية * حضرة محمد يوي
 افندي * وبصحيحة لما يخص الهندسة مع ملاحظة واطلاع حضرة الافندي
 ناظر المدرسة والقلم المذكور المشار اليه فغنا عيسوي زهران افندي ترجم الجزء
 الاول والسيد صالح افندي الجزء الثاني ومحمد افندي الحلواني الجزء الثالث ولما
 تم بالتمام * وابس طراز الختام * وسماه بكشف رموز السر المصون * في تطبيق
 الهندسة على الفنون * فحيا محمد الله مرتب المعاني * مهذب المباني * يشهد
 لا يام ولي النعم بانها غرر في وجوه الايام * شهادة صديق لا يعترى بها نقض

ولا ابرام * وبالجملة فصاحب السعادة لا تنكر همة * ولا تبارى في تقويم
اود الملائك رغبته * فهو جدير بما قاله فيه * الا قدى مترجم الجزء الثاني المبسار
اليه * نظريز الاسم من بعض ما يجب لدولته عليه * مع تلقيبه بقطب
دائرة الوجود * رب الاحسان والجلود

قد طاف بي حليف الخيال السارى * ودنا الوصال وفزت بالاطوار
طفقت بي الاحشاء من فرط الجوى * تتقاد نحو طوالع الاقمار
بشرى لقلب فاز منها بالناس * وسعت اليه بجيشها الجزار
دعنى عذولى لا تلمنى فى الهوى * واترك ملامى فى الغرام ودار
أأتيت من شرع الهوى برسالة * فى العذل تعذل صبوتى وتمارى
يكفيك ما قد حل بي من هجره * فسواى فى حب الملاح بمبارى
رام السلو لمن احب عواذلى * والقلب لا يتقن فى تذكار
تاهت عقول ذوى الهوى فى حسنه * وسقامهم فى الحب كاس عقار
لم لم يجدنى بالوصل فأتى * باقى على عهدى بلا انكار
لا انثنى للغير عند صدوده * كلا ولا اصبر لذات سوار
والله ما سلو هواه وان سلا * وصبا دلا لا منه للاخيار
جار العذول وانى جار على * حرككم المحبة بعد بعد الجار
والدمع سأل ومهجنى تلفت على * من حسنه يجلود بى الاسمار
دل السقام على الغرام ولوعى * من بعد ما قد اخفيت اسرارى
ريم بزي الاحشا بسيف لحاظه * كالداورى بسيفه البتار
بيت المسكارم قطب دائرة العلا * عني الوجود ومركز الاخيار
ان سل فى الهجاء عضبا صارما * باء العدا بمذلة وصغار
لله در اميرنا من فارس * فى الحرب يبرى خصمه بيوار
اضحت به مصر عروس زمانها * ومن الفخار دثرت بلمنار
حوت الكمال وفاقت الامصار اذ * بعزيرتها افخرت على الاقطار
سر الودى من فى الوغى قطع العدا * ولصكم برى من فارس جبار

افديه من بطل اعاد لمصرنا * شمس المعارف في علو نغار
 نشرب تواريح الافاضل فضله * فبذكره بنجاب كل غبار
 وله من الاشبال نجل ناجب * يخشاه كل غضنفر كرار
 الهازم الاعداء ابراهيم من * فمحت له ابواب كل حصار
 لم لا يفوق الكل وهو اخو للعلا * نور الزمان وصفوة الابرار
 جلت مناقبه عن الاحصاء اذ * سارت مفاتحه بكل ديار
 واختص بالنصر الذي بهر العدا * فقناره عن كل عار عارى
 دانت رقاب مخالفيه لامره * ويون علاه شواهد الانوار
 مازال في الاقبال طول حياته * وعبقوه مازال في اديار
 حاز الفخار طريقه وتليده * وسواه في كسب المفاخر طارى
 ملاء القلوب مهابة فكأنه * عند التحام الحرب ليث ضارى
 دلت ما ثره على عزمانه * أنى سواه يكون للاخطار
 عباسهم بالجوديسم والنشدا * نخر الاماجيد كامل المقدار
 لينه اذا عظم التزال غضنفر * ناضحت دماء عداه كالانهار
 يفتخر الدهر عن احسانه * ومهدمحه يجلو قذى الابصار
 بسعيدهم سعد الزمان واهله * والبر فاضل وعم بكل بحار
 اما حسين فانه يجنى من اللستعليم روضا يانع الازهار
 شرف الزمان به ومن عبد الحليم غدا رفيعا طيب الاخبار
 اكرمهم من فتية حازوا العلا * ايسوغ اقطع عنهم اشعارى
 وهذا اوان التعريب * بعون القريب المجيب

الجزء الاول

(تطبيق الهندسة والميكانيكة على الحرف والصنایع والفنون المستطرفة)

(الدرس الاول)

في الخط المستقيم والزوايا والخطوط العمودية والمائله

علم الهندسة يبحث فيه عن قياس الامتداد وتقويم نسبه

والامتداد هو الابعاد الثلاثة التي هي الطول والعرض والعمق

وتكون هذه الابعاد الثلاثة في جميع الاجسام التي تحتوى عليها الطبيعة

وفي سائر الاجسام التي تعمل بواسطة الصناعة وهي موجودة كذلك في كل

مسافة فارغة او مشغولة بجسم متما

سطح الجسم يتركب من جميع النقط التي تفصل هذا الفراغ المشغول بهذا

الجسم مما يقى من الفراغ المذكور

وبناء على ذلك يكون بالضرورة للسطح المذكور طول وعرض ودون عمق حيث

ان النقط الداخلة في سطح الجسم ليست جزأ من سطحه

ويطلق الخط على النقط المتتابعة الفاصلة بجزئ سطح جسم متما ومنه الخط

الهندسي وهو ما اشتمل على الطول دون العمق والعرض ويحتوى الفراغ الذي

يشغله جسم متما في وقت معلوم على جميع ابعاد هذا الجسم ويمكن تصور ذلك

تصوراتنا عند قولته في قالب ونزعه منه

وبذلك يتصور الانسان المسافة المشغولة بهذا الجسم بمجرد النظر الى ذلك

القالب مثلا اذا رأينا علبة فارغة محتوية على جزء من الفراغ فالتسا عرف

ان صورة هذا الجزء الفراغي هي في الحقيقة الصورة الداخلة للعلبة

فعلى ذلك تكون الخواص الهندسية المنسوبة لابعاد الجسم منسوبة ايضا

لابعاد هذا الفراغ المشغول بهذا الجسم ومثل ذلك خواص سطوح

الاجسام تكون خواص الجزء الفراغ المشغول بهذا السطح في وقت معلوم

فلذلك كان المهندس المشتغل بالهندسة العلمية لا يعتبر جسمان من الاجسام

بخصوصه ولا سطحان من السطوح بخصوصه ليتوصل الى معرفة النسب

الموجودة في ابعاد هذا الجسم وسطحه وانما يتصور في الفراغ جزء الجسم وسطحه لان هذين الشكليين يكفيان في الدلالة عليه ولو ان في مثل هذا بعض صعوبة الا انه يمرن العقل ويقوى الفكر وينشأ عنه فوائد عظيمة لمعرفة الهندسة العملية والعملية وبناء عليه ينبغي ان نعود التلامذة على ذلك شيئاً فشيئاً وان نبين لهم الاختلاف اللائزم الموجود بين الاجسام على اعتبار المهندس العلمي والمهندس العملي ولا مانع من ان تتصور في الهندسة اجساماً متداخلة في بعضها بحيث انما تشغل كلها او بعضها جزأ من الفراغ في آن واحد وذلك غير ممكن في الهندسة العملية وبالجملة فلا يمكن ان الاجزاء المادية للجسمين تشغل معاً مسافة واحدة ولو ظهر وقوع نظائرها لفهم منه ان اجزاء احد الجسمين للمادية تدخل في فراغ الآخر مثال ذلك ادخال الماء في السفينة وسياً في لنا كون هذه الملاحظات لازمة لفهم حركة الآلات وتناوبها

فاذا فرض ان الجسم يتقصر شيئاً فشيئاً من ابعاده الثلاثة التي هي الطول والعرض والعمق فانه يقرب شيئاً فشيئاً من النهاية الوهمية وهي النقطة الهندسية التي باعتبارها يؤول كل بعد من هذه الابعاد الى صفر

وفي الفنون يطلق اسم النقطة غالباً على اجزاء السطح او الجسم اللذين ليس لهما سوى الابعاد الصغيرة جداً كنقطة الكتابة ونقط الخطوط النقطية في الرسوم الهندسية وغيرها بالخبر وبالقلم الرصاص ونقط الحكاكة او في غرزة الخياط وهلم جرا

والنقطة ايضاً تصور من نهاية الاشياء المحددة كالمنقاش حيث ان هذه النهاية لا يمكن لها محسوس ومن الضروري تعود التلامذة على معرفة اعتبارات النقطة بطرق متنوعة في الهندسة المحضة وتطبيقاتها

ولاجل سهولة علم الهندسة نتكلم اولاً على الخطوط ثم على السطوح ثم على الاجسام التي تسمى حجوماً بالنظر للفراغ الذي تشغله وصلبة اذا كان لها اشكال يمكنها البقاء عليها بنفسها اعني ان لا تكون مضرورة في ظروف اوبين حواف حادة مثل النيذ في القزاز والماء في مجرى الانهار والبرك والبحار

وغير ذلك

وفرض في علم الهندسة ان جميع الاجسام صلبة اى بحسبة اوان اشكالها
منضبطة التغير داخل تحت قاعدة او حد عند ممارسة المهندس لها
واسهل سائر الخطوط واكثرها استعمالا في القنون هو الخط المستقيم وهو
الذى يقطعه الانسان في اقرب زمن عند تتبعه اتجاها واحدا لانه اقصر بعد
بين نقطتين

وكما انه لا يوجد بين نقطتين طريقان مستقيمان كل واحد منهما اقرب بعد من
احدى النقطتين المذكورتين الى الاخرى لا يمكن كذلك رسم خطين مستقيمين
بين نقطتين معلومتين فينظروا فرض ان خطين مستقيمين اتصالا بهاتين
النقطتين لا يتحدان معا وصارا خطا واحدا فاذا فرض ان هذين الخطين المستقيمين
رسما على جسمين وانطبقا نقطتان من الخط الاول على نقطتين من الخط الثاني
فانه عند انطباق هذين الخطين على بعضهما يتحدان معا ويصيران خطا واحدا
وتستعمل خاصة هذا الخط المستقيم في الصناعة على حالتين

اولاهما لاجل الوقوف على صحة خط مرسوم بواسطة خط اخر معلوم
الاستقامة يكفي انطباق الثاني على الاول في نقطتين وينظر هل يطابقه في جميع
نقطه ام لا فاذا لم يطابقه يكون الخط المعلوم غير مستقيم وعلى ذلك يلزم تصحيحه
ثانيهما لاجل رسم الخطوط المستقيمة تستعمل لرسمها اجساما لها ضلع
او عدة اضلاع مستقيمة كالماطر والقلائب

ولذلك تضع المسطرة او القلاية على السطح الذى يتطبق فيه الخط المستقيم
المصنوع بالمسطرة او القلاية انطباقا كاملا في جميع نقطه لانه لا يمكن بدون ذلك
رسم خط مستقيم على اى سطح كان ثم ترسم بقلم وصاص او منقاش او اى آلة
سواء كان طرفها محمدا او قاطعا خطا يمس بالمسطرة او القلاية في هذا يصير الخط
المرسوم مستقيما

وهذا هو سبب كون قطاع القزاز يقطع على هيئة خط مستقيم بمسطرته وقلمه
المنتهى بقطعة من اللامس الواح القزاز المربعة التى يريد وضعها

وينبغي للإنسان إذا أراد رسم خط بين نقطتين مفروضتين أن يضع المسطرة بالتساوي على هاتين النقطتين بحيث تكون قريبة بحسب ما يقتضيه سمك القلم الرصاص أو المنقاش الذي يرسم به ثم يجعل المسطرة ثابتة مدة الرسم بحيث يكون القلم الرصاص أو المنقاش مماساً دائماً للمسطرة .

وعند ابتداء التلامذة في رسم الأشكال الهندسية يلزمهم الاتقيا والزمن لرسموا خطاً مستقيماً مع غاية التدقيق ويكون ذلك بواسطة القلم الرصاص لأنه يحدث عندهم وقت الرسم بالحبر صعوبة أكثر من الطريقة الأولى حيث أنهم يجعلون للخطوط التي يرسمونها عرضاً صغيراً فإذا كان هذا العرض كبيراً نتج منه اتلاف الرسم وبالجمله فيلزم تمرين هؤلاء الطلاب على كونهم لا يعطون للخطوط التي يرسمونها إلا سمكاً ضئيلاً لتكون مشاهدة

ولنشرح الآن عرض الخطوط الجارية في الفنون ونبتدأ أولاً بالتكلم على الخط المستقيم كما بدأنا بالكلام على النقطة فنقول .

قد عرف المهندسون أن هذا الخط لطول فقط دون عرض وعمق وفي الواقع أن كل الخطوط المستعملة في الفنون لها عرض ومن أجلها الخطوط التي يرسمها المهندسون

ويطلق اسم الخط في الصناعة غالباً على تجويفات أو نقوش ضيقة قليلة العمق وكثيرة الطول بحيث تقرب من الخط الذي يتصوره المهندسون كخطوط الاستحكامات الخفيفة التي بها يحيط المحاصرون أو المحاصرون محلاً .

والخط عند أرباب الكتابة والطباعة القرئساوية يطلق على السطر فهو تسلسل كلمات متجمعة وموضوعة كلها على استقامة واحدة وسمكها يساوي ارتفاع الحروف وهو صغير جداً بالنسبة لطول هذا الخط .

وهو عند الحباله حبل قليل السمك بالنسبة لطوله فيلزم جعل هذا الخط أو الحبل من جملة آلات الهندسة العملية المستعملة في الفنون ويكون للحبل المشدود الطرفين صورة مستقيمة بقطع النظر عن ثقله مثلاً إذا كان الحبل المشدود من طرفيه موضوعاً على المسطح الذي يراد عليه رسم خط مستقيم

فانه يلون بشئ ابيض او احمر او غير ذلك ثم يشد ويرخي فبارتخائه يرسم على
السطح الخط المستقيم المطلوب

والنقبة الطالب ايضا على خواص الخط المستقيم كما ينهنا على خواص النقطة
بان يميز الخطوط الوهمية الهندسية والخطوط العملية ويسرى في احوال كثيرة
ان تقدمات الفنون تقرب شيا فشيا في عجائبات الصناعة من ذلك التصور
الهندسي الذي ينبغي لئلا من معرفته طبيعته وخواصه ولكن يلزم ان يعطى
اهم قبل الوصول الى ذلك صورة لسطح الذي يرسم بخط مستقيم وهو السطح
المستوى المسمى ايضا المستوي نقطة نقول

اذا وضع في جهة ما خط مستقيم على سطح مستوي وكانت نقطتا الخط المستقيم
متحدتين مع المستوي فجميع نقط هذا الخط تكون متحدة ايضا مع السطح
ويستعمل المستوي في الفنون لصناعة الخط المستقيم وكذلك يستعمل الخط
المستقيم لصناعة المستوي وسيظهر لك ذلك تفصيلا عند ذكر السطوح
خصوصا (راجع الدرس السادس)

واغلب الرسوم الضرورية لفنون والحرف يرسم على مستوي مجهر قبل ذلك
وقد يستعمل في الرسوم الصغيرة ورق او عاج وفي الرسوم الجسيمة يجهرزون
لها غالب الوجه متسعة كما ان مهندسي السفن يمدون لوحا كبيرا على قدر طول
امقل المركب وهو المسمى بالارنيث واما التجارون وقطاع الخشب
فانهم يصنعون رسمهم على سطح حائط مستوي واما المهندسون فانهم يرسمون
اشكال انقنطار على سطوح افقية من الخشب ولا يتحققون صحة الرسم
الا اذا كان السطح المستوي صحيح الاستواء بحيث ان الخط المستقيم الموضوع
عليه يتحدد معه في جميع نقطه

(بيان اقيسة الطول)

قد يستعمل الخط المستقيم الذي هو اقصر بعد من نقطة الى نقطة ثالثة لقياس
المسافة القصيرة المنحصرة بين نقطتين

ويستعمل هذا الخط ايضا لقياس الابعاد الاعتيادية للأجسام وبهذه

الطريقة يقيسون ابعاد كتلة خشب او بيت او سفينة او غير ذلك
ولاجل مقابلة هذه الاقيسة المتنوعة ببعضها يلزم ان نأخذ منها واحدا ونجعله
احاد قياسا لها وننظر كيف يتكرر هذا الاحاد في الشيء المراد قياسه فاذا كان
يتكرر فيه او ٢ او ٣ او ٤ او ٥ مع الصعوبة فلا صعوبة في العمالية وليس
كذلك فيما اذا بقي من الخط المقاس جزء يكون اقل من الطول المأخوذ احادا
فيتم ثبوته هذا الاحاد ويتقسم الى اجزاء متساوية مثل ١٠ او ١٠٠
او ١٠٠٠ ثم تبحث عما يحتوي عليه الخط المستقيم المعد للقياس من
العشر ايات او المئين والالوف من احاد القياس .

* (بيان المقياس) *

المقياس خط مستقيم مثل \overline{AB} شكل (١) موضوع عليه عدة
احاد القياس وتقسيمات هذه الاحاد وقد تفيدنا الهندسة العملية طريقة
استعمال هذه المقاييس ورسمها بغاية الضبط وهي من العمليات المهمة
في اشغال الصناعة التي ينتج منها النجاح لضبط القياس (راجع الدرس
الخامس)

ومن الضروري لارباب الفنون ان يكونوا محترسين على خط مستقيم منقسم
على حسب القياس المتبول عند كافة الناس كالاقيسة القديمة بمثل القدم
والهنداسة والجديدة كالتر المتجزء على مسطرة .

وقد تشتري الصناعات غالبا آلات ومقاييس غير مضبوطة التقسيم وقريبة
الخلل بمن يحسن مراعاة للوفر الذي في غير محله فمن المستحسن للصناعات
ان يشتروا دائما المقاييس والآلات العظيمة المضبوطة من كل جنس لان
الفوائد التي تعود على اشغالهم من حسن الآلات تعوض عليهم المصروف
الذي بذلوه في ثمنها وسفتكهم في كثير من المواضع على حقيقة ذلك

ومجب علينا بعد اعتبار الخط المستقيم منفردا ان نعتبر عدة خطوط مستقيمة
بالنظر لا وشاعها فنقول .

اذا فرضنا ان مستقيم \overline{AB} (شكل ٢٧) يدور حول نقطة Γ

الثابتة ويأخذ على التوالي اوضاع ا ث اد اه الخ ففي هذه
الحركة يبعد الخط المذكور شيئاً من وضعه الاصل وهو ا ب س
ويسمون بالزاوية انقراج ب ا ث او ب ا د او ب ا ه من خط
الى آخر نقطة ا التي يمتد منها خطا ا ب و ا ث تسمى راس
الزاوية وخطا ا ب و ا ث هما ضلعا الزاوية ويسمون في بعض
الايوقات الزاوية الواقعة بين ضلعي ا ب و ا ث زاوية ا فقط
وفي الغالب يقولون بزاوية ب ا ث بشرط ان يكون حرف ا
الذي هو راس الزاوية بين حرفي ب و ث الموجودين في ضلعيها
وحين يدور خط ا ث (شكل ٢) حول راس ا يصل الى وضع ا م
المقابل لخط ا ب فاذا استمر على الدوران فانه يقرب من ا ب من
الجهة المنعكسة الى ان يعود ثانياً على ا ب بعد ان يدور دورة كاملة
ومن المعلوم ان مستقيم ا س دار في وضع ا م نصف دورة من ا ب
وبالجملة اذا اثنتى الجزء الاعلى من شكل ب ا م ه على جزئه الاسفل
فان الاول ينطبق على الثاني انطباقاً كلياً
وفي الحركات العسكرية بعد اصطفاف العساكر اعني وضعها على خط مستقيم
وتوجهها الى جهة فيحتاج في الغالب اتجاهاها الى الجهة المقابلة للاولى فحين
يصدر النداء بعمل نصف دورة الى الجهة اليمنى ففي وقتها يدور كل واحد من
العساكر على احد كعبيه المشار اليه بحرف ا (شكل ٣) ولكيلا
يحصل خلل في هذه الحركة يضع العسكري القدم الاخر المعبر عنه بحرف
ب خلف الاول (شكل ٤) ويدور حينئذ على كعبيه دورة كاملة
ويكمل كل واحد من هذين القدمين نصف دورة (شكل ٥) ويصير
القدم الذي == ان جهة الخلف الى جهة الامام ويصير على الصف الاول
(شكل ٦) فاذا دار العسكري ثانياً نصف دورة فانه يجد نفسه في اتجاه

الاصلي وتكمل دورته حينئذ

واذا اعتبرنا الزاويتين الحاصلتين من مستقيمي $\overline{ا\theta}$ و $\overline{د\alpha}$ كافي (شكل ٧) وجدنا احدهما وهي $\overline{ب\theta}$ صغيرة والثانية وهي $\overline{ث\alpha}$ كبيرة ومجموعهما يساوي نصف دورة من دوران خط $\overline{ا\theta}$ من ابتداء $\overline{ا\beta}$ الى $\overline{ا\delta}$ واذن تكون زاوية $\overline{ب\theta}$ هي التي تقص من زاوية $\overline{د\theta}$ لتكون نصف دورة كاملة وكذلك زاوية $\overline{د\theta}$ هي الناقصة من زاوية $\overline{ب\theta}$ لتحدث نصف دورة كاملة فلذا يقال ان زاوية $\overline{ب\theta}$ هي المتممة لزاوية $\overline{د\theta}$ وكذلك زاوية $\overline{د\theta}$ هي المتممة لزاوية $\overline{ب\theta}$

واذا فرضنا ان زاوية $\overline{ب\theta}$ تزيد لكون خط $\overline{ا\theta}$ يبعد عن خط $\overline{ا\beta}$ فان زاوية $\overline{د\theta}$ المتممة تقص ويأتي وقت تزيد فيه زاوية $\overline{ب\theta}$ وتقص فيه زاوية $\overline{د\theta}$ حتى يصير الزاويتان متساويتين (شكل ٨) وكل من هاتين الزاويتين المتساويتين تسمى زاوية قائمة فاذن تكون الزاوية القائمة نصف دورة من الدوران الكامل اعني ربع دورة ثم ان زاوية $\overline{ب\theta}$ القائمة او $\overline{د\theta}$ (شكل ٨) او ربع الدورة هي الزاوية التي يحتاج الى احدها او قياسها في جميع الاوقات لاجراء جملة عظيمة من اشغال الفنون

ويستعملون غالبا في الحركات العسكرية ربع الدورة الذي يسمى ربع قلبة ومتى لزم انقلاب البلولة المصطف على اتجاه $\overline{ا\beta}$ (شكل ٨) من هذا الوضع الى وضع $\overline{ا\theta}$ العمودي فانه يدور وينقلب حول نقطة $\overline{ا}$ ويحدث دورة واقلا بانه ما حتى يرجع الى وضعه الاول اذا دار دائما الى جهة واحدة

ولا يحدث الأربع دورة لكي يصل الى الوضع الاول العمودي ويحددون جهة هذه الحركة بان يأخذوا بال دوران الى الجهة اليمنى او اليسرى

واذا فرضنا حينئذ خطين آخرين مستقيمين كخطي م و ن و و ل (شكل ٩) و (١٠) اللذين وجدناهما اضع و ل حيث ان زاويتي

ن و ل و م و ل متساويتان اقول ان هاتين الزاويتين بصيران مساويتين للزاويتين الاولىين وهما ب ا ث و ث ا د (شكل ٨) اللتان اطلق عليهما فيما سبق اسم الزاويتين القائمتين

ولبيان ذلك نضع مستقيما د ا ب (شكل ٨) على خط م و ن (شكل ٩) بحيث يتحدان في جميع نقطتهما كاتحاد الخطين المستقيمين وتقع نقطة ا على نقطة و فيقتدي ينبغي ان ضلع ا ث يقع بالجهة

والضبط على ضلع و ل واذا قدرنا لخط ا ث (شكل ٩) وضعنا آخر وكان واقعا على يسار و ل فن المعلوم ان زاويتي ث ا ب

و ث ا د اكونهما متساويتين لا يمكن ان تكون زاوية م و ل الزائدة بزاوية ث و ل عن الاولى وزاوية ن و ل الناقصة عن الثانية

بنفس زاوية ث و ل متساويتين بخلاف ما اذا وقع خط ا ث (شكل ١٠) على يمين و ل فان زاويتي ب ا ث و د ا ث حيث انهما

متساويتان فلا يمكن ان تكون زاوية م و ل التي هي اصغر من زاوية د ا ث مساوية لزاوية م و ل التي هي اكبر من زاوية ب ا ث

فبنا على ذلك لا يمكن وقوع خط ا ث على يمين و ل ولا على يساره

بل يقع بالتدقيق عليه كلية فالزوايا القائمة المتألفة من جهة من مستقيمين

أ ب د ومن جهة اخرى من مستقيمي و ل و م ن المتغايرين تكون كلها متساوية دائما .

وهذه هي القاعدة الاولى التي ينبنى عليها استعمال المسطرة المثلثية وهذه

المسطرة مركبة من مسطرتين قائمتين مثل أ ب و أ ث (شكل ١١) الثابتين في نقطة أ بحيث يتركب منهما زاوية قائمة فاذا اردنا ان نرسم من

نقطة و (شكل ١٢) خط و ل بان يجعل بينه وبين خط م و ن زاويتين قائمتين نضع ضلع أ ث من المسطرة على طول خط و ن بشرط

ان نقطة أ تقرب بقدر الامكان من نقطة و ثم نرسم مستقيما و ن بالطرق الاعتيادية فيكون هو الخط المطلوب

فاذا استعمل ارباب الصنائع مسطرة غير كاملة الضبط فان جميع عملياتهم تكون عرضة للخلل فبناء على ذلك يجب عليهم غاية الاهتمام بضبط المسطرة المثلثية التي يستعملونها في اشغالهم وبالجلة فلا شيء اسهل من ذلك .

*(امتحان صحة المسطرة المثلثية) *

لاجل ضبط مسطرة ب أ ث (شكل ١١) نبتدي بان نرسم مع الضبط مستقيما م و ن (شكل ١٣) على سطح مستو ثم نضع ضلع

أ ث باقرب ما يكون على طول و ن ونرسم خط و ل على طول

أ ب وبعد ذلك نقلب المسطرة المذكورة ونضعها على ب أ ث مع

وضعنا أ ث على طول و م وننظر ما يكون اتجاه الضلع الثاني وهو أ ب

اولا اذا وقع على خط و ل المرسوم كانت المسطرة مضبوطة ثانيا اذا

لم يقع الضلع الثاني على و ل كانت غير مضبوطة وتكون الزاوية

الناجمة عنها صغيرة جدا ثالثا اذا تجاوز الضلع الثاني خط ول فهي غير مضبوطة ايضا وتكون الزاوية الحادثة منها كبيرة وسترى الطرق التي يمكن ارباب الصنائع استعمالها لضبط المسطرة التي ليست مضبوطة

ثم ان نجاري الترسانية يسمون بالمسطرة المتحركة آلة صورتها س ص ز (شكل ١٤) يسهل بها اخذ قياس جميع الزوايا ونقلها وهذه الآلة مهيأة من مسطرتين يدوران على مدار واحد لا يخرجان عنه بحيث يمكن بواسطتها تكوين جميع الزوايا كبيرة او صغيرة

وقديهم في انضمام هاتين المسطرتين لكيلا تدور احدهما على الاخرى من غير ان يحصل لهما بعض احتكاك وان يحفظ موضعهما الاصلى متى امكن فتح الزاوية التي يصنعانها او نقلها مع السهولة ويرى على مقتضى ما ذكرناه يسهل

نقل زاوية ما كزاوية ب ا ث (شكل ١٤) من ابتداء نقطة و (شكل ١٥) بان يؤخذ ضلع ول من زاوية ل ون الجديدة التي يلزم ان تساوى زاوية ب ا ث

ونحور المسطرة المتحركة بحيث ان ضلعي س ص و ص ز يتبعان استقامتي ا ث و ا ب (شكل ١٤) ثم تنقل تلك المسطرة على (شكل ١٥) بشرط ان لا يحصل تغير للزاوية المصنوعة

ونضع س ص على ول فيثبت اذا رسمنا بقلم رصاص او منقاش وحبل خطا مستقيما مثل خط و م على امتداد ضلع ص ز نصير زاوية م و ل مساوية لزاوية ب ا ث

(بيان تطبيق الاجسام على بعضها) *

ويجب التنبيه على الطريقة التي نستعملها هنا لتركيب الزوايا ولتحقيق
تساويها بان نضع المسطرة المثلثية على الاشكال ونضع الاشكال على بعضها
ونستعمل هذه الطريقة في عدة من عمليات الصناعة وجملة من البراهين
الهندسية فنقول انه متى وضع شكل على آخر وانطبقا انطباقا كلياً في جميع
ابعادهما كانا متحدى الصورة والقدر ويكونان متساويين بالكلية ويحدث
منهما شكل مساو لشكل آخر على هذا الوجه فلذا يضع الحياطون ونحوهم
الارانيك على الاقشة التي يريدون تفصيلها مع غاية الصحة بحسب محيط هذه
الارانيك التي على هيئة الاشكال اللازم تصورها ووضعها

ومتى حدث من خط $\overline{ا\theta}$ (شكل ١٦) ونقط $\overline{د ا ب}$ زاويتان
قائمتان كزاويتي $\overline{ب ا \theta}$ و $\overline{\theta ا د}$ كان خط $\overline{ا \theta}$ عموداً على
خط $\overline{د ا ب}$ فبناء على ذلك تنزل عمود $\overline{ا \theta}$ على مستقيم $\overline{د ا ب}$
بوضع ضلع $\overline{ص ز}$ من المسطرة المثلثية التي هي $\overline{س ص ز}$ على
استقامة $\overline{ا ب}$ ونرسم مستقيم $\overline{ا \theta}$ على استقامة ضلع $\overline{س ص}$
ونسشرح طرفا الرسم الخطوط العمودية فنقول

انما اذا ثبتنا شكل ١٧ الى اثنين بشرط ان يكون مستقيماً $\overline{ا ب}$
هو فاصل الثني اى الحد المشترك بين الاثنين فيث ان زاويتي $\overline{ا ب ل}$
و $\overline{ا ب \theta}$ متساويتان نضع مستقيم $\overline{ب \theta}$ على $\overline{ب د}$ فاذن تطبق
زاوية $\overline{\theta ب ه}$ على زاوية $\overline{د ب ه}$ مع الضبط فتكون هاتان
الزاويتان الاخيرتان متساويتين كالزاويتين الاوليين وحينئذ متى تقاطع
خطان مستقيمان وكان من جملة الزوايا المتألفة من تقاطعهما زاوية قائمة فبان
الثلاثة الاخر تكون قائمة كذلك وبناء على ذلك يكون كل من جزئي
 $\overline{ا ب}$ و $\overline{ب ه}$ الذي هو احد الخطوط المستقيمة عموداً على الآخر

ومن المقيد ان يبرهن انه لا يمكن ان تنزل من نقطة $\overline{ب}$ (شكل ١٨) الا
 بعمود $\overline{ب أ}$ على مستقيم $\overline{د أ ث}$ المفروض
 ولا ثبات ذلك تقرر ان يمكن مد عمودي $\overline{ب أ}$ و $\overline{ب د}$ من نقطة
 $\overline{ب}$ على نفس هذا المستقيم الذي هو $\overline{د أ ث}$ وعند $\overline{ب أ}$ بشرط ان
 يكون خط $\overline{أ د}$ مساويا لخط $\overline{أ ب}$ ثم نصل مستقيم $\overline{د ب}$
 ونثنى جزء $\overline{د أ ث}$ - جميعه على $\overline{د أ ث}$ بحيث ان زوايتي
 $\overline{أ ث و}$ و $\overline{ب أ ث}$ متساويتان فيكون خط $\overline{أ ب}$ موضوعا على $\overline{أ ب}$
 ونقطة $\overline{د ب}$ على نقطة $\overline{ث}$ ويكون خط $\overline{د ب}$ موضوعا على $\overline{د ب}$
 واذن زاوية $\overline{أ د ب}$ تكون مساوية لزاوية $\overline{أ د ب}$ القائمة فيكون
 خط $\overline{د ب}$ على ذلك جزءا من عمود $\overline{د ب}$ فينتج من هذا انه يمكن رسم
 خطين مستقيمين مثل $\overline{أ ب}$ و $\overline{د ب}$ بين نقطتي $\overline{أ ب}$
 و $\overline{د ب}$ وهذا مستحيل

وجميع هذه المقدمات المذكورة في شأن الزوايا القائمة فلتكلم الان على الزوايا
 المائلة فنقول .

اذا تركب من مستقيمي $\overline{ب د}$ و $\overline{ب ث}$ (شكل ١٩) زاويتان
 متباينتان تكون احدهما اصغر من قائمة $\overline{أ ث ه}$ والاخرى اكبر منها
 فالصغرى تسمى زاوية حادة وتسمى الكبرى زاوية منفرجة
 فن المعلوم ان هاتين الزاويتين يشغلان المسافة التي حول نقطة $\overline{ث}$ جهة
 ضلع $\overline{أ ب}$ كما ان قائمتي $\overline{أ ث ه}$ و $\overline{د ث ه}$ يشغلانها فيكون حينئذ
 مجموع حادة $\overline{ب د}$ ومنفرجة $\overline{أ ث د}$ مساويا لزاويتين قائمتين
 وذلك انك تجد بالسهولة ان حادة $\overline{ب د}$ تساوي زاوية قائمة ناقص

دش ه وان منفرجة اشد تساوى زاوية قائمة زائد د ه
فان يكون مجموعهما مساويا زاويتين قائمتين

وانفرض الآن اننا نمد خط د ه الى ث ف ونقابل زاويتي
ا ث ف و ب ث ف بالزاويتين الاوليين

فينتج لنا اولا ان زاويتي ا ش د و ب ش د الناتجتين من خط
ش د ونخط ا ب المستقيم يساويان زاويتين قائمتين وبناء على ذلك تكون

زاوية ب ش د مساوية لزاويتين قائمتين ناقص ا ش د ثانيا ان
زاوية ا ش د وزاوية ا ب ث الحادتين من خط ا ث

الواقع على خط ا ث ف يساويان زاويتين قائمتين فتكون زاوية
ا ث ف مساوية لزاويتين قائمتين ناقص ا ش د وينتج من ذلك

ايضا ان كلا من زاويتي ب ش د و ا ث ف تكون مساوية
لزاويتين قائمتين ناقص ا ش د ونثبت بمثل ذلك مساواة زاويتي ا ش د

و ب ث ف المتقابلتين في الرأس كالزاويتين الاوليين
وحينئذ اذا تقاطع خطان مستقيمان فانه يحدث منهما اربع زوايا فيكون
اولا مجموع الزاويتين المتجاورتين مساويا لزاويتين قائمتين ثانيا الزوايا
المتقابلة في الرأس متساوية

ويمكن الا لآن المقابلة بين الاعمدة والخطوط المائلة فنقول
اننا اذا وصلنا من نقطة ما كنقطة د (شكل ٢٠) خطا مستقيما مثل

د ه الى مستقيم ا ب وكانت زاويتا ا د ه و د ه ث غير قائمتين
فيكون خط د ه ليس عمودا على خط ا ب بل يكون مائلا عليه وزيادة

على ذلك اذا وصلنا خط د ه عمودا على خط ا ب فان الزاوية الاخيرة

من زاويتي $\overline{أهـ د}$ و $\overline{ب هـ د}$ المقابلة لخط $\overline{د ث}$ تكون وحدة
والاخرى منفرجة

فالاذا طولنا خط $\overline{د ث}$ الى نقطة $\overline{ز}$ بشرط ان يكون خط $\overline{ث د}$
مساويا لخط $\overline{ث ب}$ ورسمنا ايضا خط $\overline{هـ د}$ المستقيم تم ثلثنا الجزء الاسفل
من الشكل بتدويره كالولب على $\overline{أ ب}$ فخط $\overline{ث ز}$ يقع على $\overline{ث د}$
ونقطة $\overline{ز}$ تقع على نقطة $\overline{د}$ وحيث ان زاويتي $\overline{ب ث د}$ و $\overline{ب ث ز}$
متساويتان فاذن $\overline{هـ د}$ يساوي $\overline{د هـ}$ وزيادة على ذلك يكون خط $\overline{د هـ}$
المنكسر اطول من خط $\overline{د ث}$ المستقيم المرسوم بين طرفي $\overline{د هـ}$
حينئذ يكون نصف $\overline{د هـ}$ الذي هو مائل $\overline{د هـ}$ اطول من نصف
 $\overline{د ث}$ وهو عمود $\overline{د ث}$.

فهذه هي الخاصية العامة لمستقيم $\overline{د ث}$ (شكل ٢٠) العمودي
على مستقيم آخر مستقيم $\overline{أ ب}$ وهو انه يكون اقصر من كل خط مائل
مرسوم من نقطة $\overline{د}$ وهي نهاية العمود الواقع على هذا المستقيم الذي
هو $\overline{أ ب}$ ولما كان خطا $\overline{د ث}$ و $\overline{د هـ}$ يقيسان الابعاد التي بين
نقطة $\overline{د}$ ومستقيم $\overline{أ ب}$ نشأ عن ذلك انه لاجل الانتقال من نقطة
الى خط مستقيم يكون اقصر بعد هو العمود النازل من هذه النقطة على
ذلك المستقيم

وهذه هي احدي الخواص الشهيرة النافعة لتطبيق اصول الهندسة على
القنون

وكثيرا ما يحتاج الانسان الى البحث عن استخراج المسافات الصغيرة وبالسطوح
القليلة الاستداد والطبوع الصغيرة بشروط معلومة لكن قل ان يسهل عليك
استخراجها وحيث ان مسائل هذا الترتيب يفني عليها اختصار عمليات

الصناعة وجب علينا ان نشتغل بها كثيرا وبذل كل الجهد في اظهار سرها
فنعول

نفرض الان (شكل ٢١) اننا نزلنا خط $\underline{د ب}$ عمودا على $\underline{ا ب}$
فينتج من ذلك ان $\underline{ب ا}$ مساوي $\underline{ب ث}$ فنقول ان الخطين المائلين
النازيين من نقطة $\underline{د}$ الى نقطة $\underline{ا}$ ومن نقطة $\underline{د}$ الى نقطة $\underline{ث}$
يكونان متساويين وذلك اننا اذا قسمنا جزء $\underline{ب د ث}$ على جزء $\underline{ب د ا}$
واعتبرنا عمود $\underline{ب ك}$ لولبا من حيث ان زاويتي $\underline{ا ب د}$ و $\underline{ث ب د}$
القائمتين متساويتان فان خط $\underline{ب ث}$ يقع على خط $\underline{ب ا}$ وتقع
نقطة $\underline{ث}$ على نقطة $\underline{ا}$ فاذاً يكون خط $\underline{د ث}$ مساويا لخط $\underline{د ا}$
وبناء على ذلك م كل خطين مائلين على بعد واحد من العمود يكونان
متساويين

* (عملية تصحيح الخطوط العمودية) *

كان الرسامون والنجارون وقطاعو الخشب وصناعو الارانيك وغيرهم
يستعملون هذه الخاصية بكثرة متى ارادوا امتحان عمودية خط على آخر هل هي
صحيحة اولا بدون استعمال المسطرة المثلثية فكانوا يقيسون مع الضبط طول
 $\underline{ب ا}$ و $\underline{ب ث}$ المتساويين بالا بتدأ من خط $\underline{ب د}$ الذي
يريدون تحقيق وضعه ثم يقيسون ايضا بمسطرة او باي آلة بعد نقطة $\underline{ا}$ و $\underline{د}$
وهو طول خط $\underline{ا د}$ المائل ويضعون هذا الطول على خط $\underline{د ث}$
بالانتقال من نقطة $\underline{د}$ فان انطبق بالكلية على نقطة $\underline{ث}$ فان خطي
 $\underline{ا د}$ و $\underline{د ث}$ المائلين يكونان متساويين ويكون $\underline{ب د}$ عمودا على
خط $\underline{ا ب}$

ومنى اريد تحقيق وضع عمودية خط $\underline{ب د}$ على خط $\underline{ا ب ث}$ فانه لا ينبغي

ان نجعل خط د ا المائل قريباً كثيراً من ذلك العمود لانه لو قرب كثيراً من نقطة ب لكان الخلل المحسوس في وضع هذا العمود لا ينشأ عنه خلل الاشئ يسير في طول خط د س المائل ويصير العمل عرضة للخلل وكذلك يتولد الخلل من وضع الخطوط المائلة بعيدة كثيراً عن العمود وخير الاوضاع ما يقرب من الاوضاع التي تكون فيها خطوط

ا ب و ب ث و ب د متساوية

فيمثل هذه الاحتراسات التي يعمل بها هذا الغرض في كل حالة بمختصرها يمكن ارباب الصنائع ان يعطوا الرسومهم وعماراتهم وآلاتهم درجة الضبط اللازمة للصناعة الكاملة .

ولا يكفي البرهنة على ان الخطوط المائلة اطول من الخطوط العمودية وانما يلزم البرهنة الجيدة على ان الخطوط المائلة تكون كثيرة الطول كلما بعدت عن الخط العمودي

وبيان ذلك ان لقول (شكل ٢٢) انه اذا كان خط و د عموداً على خط و ب كان اقصر خطي د ث و د ب المائلين هو اقربهما من العمود لانه اذا رسمنا خط د ك عموداً على د ث نتج بهذا السبب ان د ث اقصر من د ك ومن باب اولى اقصر من د ب

وستقف على حقيقة هذه الخاصية في ميكانيكة العمليات الجمة فاذا فرضنا قرب جسم ب (شكل ٢٣) من ا ب العمودي على ب م وفرضنا كذلك ارتباط هذا الجسم بجسمي ب ا و ب ث ثم جذبنا الاول من نقطة ا والثاني من نقطة ث لاجل تنقيص المسافتين الحاصلتين بين هاتين النقطتين والجسم فيلزم ان الجسم يتقدم شيئاً فشيئاً بشرط ان ينشأ عنه عدة خطوط مثل ا ب ثم ا ب و ب ث ثم ب ث الخ الاخذة

في الميل شيئاً فشيئاً وهي التي تصير بهذا السبب قصيرة جداً وبالعكس إذا أردنا
 إبعاد جسم $\overline{ب}$ عن $\overline{أ}$ فالتساوي نستعمل قضباناً غير لينية من الحديد
 أو الخشب لتحركه إلى السير من نقطة $\overline{ث}$ و $\overline{أ}$ ونضع هذه القضبان
 وضعاً يزيد في الميل شيئاً فشيئاً وكذلك نجعل لها طولاً كبيراً ما بين نقطتي $\overline{ب}$
 و $\overline{أ}$ وبين $\overline{ب}$ و $\overline{ث}$.

(الدرس الثاني)

في الخطوط المتوازية وارتباطها بالخطوط العمودية والمائلة
 يكون الخطان المستقيمان متوازيين إذا لم يلاقيا عند امتدادهما من الجهتين
 مهما أمكن

فعلى ذلك يمكن أن نرسم من نقطة $\overline{أ}$ (شكل ١ وشكل ٢) مستقيماً مثل
 $\overline{أ ب}$ الذي إذا امتد من طرفيه لا يلاقى خطاً آخر مستقيماً كخط $\overline{ث د}$
 حينئذ يكون موازياً له وبالجمله لا يمكن أن نجد من نقطة $\overline{أ}$ الخط واحد
 موازياً لخط آخر

ولاجل إيجاد خط $\overline{أ ب}$ يلزم أن نرسم من نقطة $\overline{أ}$ خط $\overline{إ ث}$ عموداً
 على خط $\overline{ث د}$ ثم نرسم كذلك $\overline{أ ب}$ عموداً على $\overline{إ ث}$ فيصير
 حينئذ خط $\overline{أ ب}$ موازياً لخط $\overline{ث د}$ وذلك لأنه إذا تلاقي خطا $\overline{أ ب}$
 و $\overline{إ ث}$ في نقطة واحدة أمكن تنزيل عمودين من تلك النقطة المفروضة على
 خط $\overline{أ ث}$ المستقيم وهذا غير ممكن *(كفاي الدرس الأول)*

ولنبرهن الآن على أن كل خط مثل $\overline{إ ه}$ يقطع $\overline{ث د}$ فنقول
 مهما كانت زاوية $\overline{ب أ ه}$ صغيرة فانه يجب علينا عند تدوير $\overline{أ ه}$
 حول نقطة $\overline{أ}$ لبعده عن $\overline{أ ب}$ أن نكرر زاوية $\overline{ب أ ه}$ مراراً
 عديدة لكي تملأ المسافة المنحصرة في ربع دور $\overline{ب أ ث}$ ولكن إذا أخذنا

عدة نقط بقدر ما يمكن مثل $\overline{\text{ب}} \overline{\text{و}} \overline{\text{ث}} \overline{\text{ث}} \overline{\text{خ}}$ المتباعدة عن بعضها

بمسافة مساوية لمسافة $\overline{\text{ث}} \overline{\text{ا}}$ ثم اقنا عدة $\overline{\text{ث}} \overline{\text{و}} \overline{\text{د}} \overline{\text{و}} \overline{\text{ث}} \overline{\text{و}} \overline{\text{د}}$

$\overline{\text{و}} \overline{\text{ث}} \overline{\text{و}} \overline{\text{د}}$ الخ فتقسم هذه الاعددة بعد $\overline{\text{ب}} \overline{\text{ا}}$ $\overline{\text{ث}} \overline{\text{ث}} \overline{\text{ث}}$ الى

مسافات متوازية مستطعها كمسطح $\overline{\text{ا}} \overline{\text{ب}} \overline{\text{ث}} \overline{\text{د}}$ فينتد يمكن رسم مسافات
كثيرة العدد بقدر ما يوجد من الزوايا الصغيرة مثل $\overline{\text{ب}} \overline{\text{ا}} \overline{\text{ه}} \overline{\text{و}} \overline{\text{ا}} \overline{\text{ه}} \overline{\text{و}} \overline{\text{ا}} \overline{\text{ه}}$

$\overline{\text{و}} \overline{\text{ا}} \overline{\text{ه}}$ الخ في زاوية $\overline{\text{ب}} \overline{\text{ا}} \overline{\text{ث}}$ القائمة فادن تكون المسافة

المشغولة بمسافة $\overline{\text{ب}} \overline{\text{ا}} \overline{\text{ث}} \overline{\text{د}}$ الخ اصغر من المسافة المخصصة في زاوية
 $\overline{\text{ب}} \overline{\text{ا}} \overline{\text{ه}}$ ولو بلغت هذه الزاوية في الاصغر ما بلغت وبهذا السبب يقطع خط $\overline{\text{ا}} \overline{\text{ه}}$

المستقيم الممتد خط $\overline{\text{ث}} \overline{\text{د}}$ وبدون ذلك يلزم ان تكون مسافة $\overline{\text{ب}} \overline{\text{ا}} \overline{\text{ه}}$
التي هي جزء من $\overline{\text{ب}} \overline{\text{ا}} \overline{\text{ث}} \overline{\text{د}}$ اكبر من مسافة $\overline{\text{ب}} \overline{\text{ا}} \overline{\text{ث}} \overline{\text{د}}$ وهذا
غير ممكن

ومن هنا ينتج انه اذا كان مستقيمان مثل مستقيمي $\overline{\text{ا}} \overline{\text{ب}} \overline{\text{و}} \overline{\text{ث}} \overline{\text{د}}$
متوازيين وكان الحد هما عمودا على خط آخر ثالث مثل $\overline{\text{ا}} \overline{\text{ث}}$ كان الاخر
عمودا على هذا الخط الثالث

ويستعملون في فن الرسم ورسوم النجاسة هذه الخاصية الموجودة في المتوازيات
فيصنعون آلة تسمى تاء لانها مركبة من جزئي $\overline{\text{م}} \overline{\text{ن}}$ و $\overline{\text{و}} \overline{\text{ح}}$ (شكل ٣)
المتجمعين على شكل حرف التاء الفرناوية ويضعون فرع $\overline{\text{م}} \overline{\text{ن}}$ كثيف

السبك والبارز من اسفل على امتداد $\overline{\text{ا}} \overline{\text{د}}$ من لوحة $\overline{\text{ا}} \overline{\text{ب}} \overline{\text{ث}} \overline{\text{د}}$
ولما كان الفرع الآخر الذي هو $\overline{\text{و}} \overline{\text{ح}}$ عمودا على الاول نشأ عن ذلك

ان يخطي $\overline{\text{ا}} \overline{\text{ب}} \overline{\text{و}} \overline{\text{ه}} \overline{\text{ف}}$ المستقيمين المرسومين على امتداد فرع

وحي يكونان متوازيين

واذا اريد تنظيم الجيوش العسكرية صفافا عني بلوكات متوازية مثل

أ ب و ث د و ه ف الخ (شكل ٤) فانهم يضعون ادلة

أ و ث و ه و غ على خط مستقيم وابعاد متساوية ثم يصفون

كل بلوك اصطفا فاعموديا على مستقيم أ ث ه غ الخ فيتحقق حينئذ ان البلوكات موازية لبعضها

ويستعملون في الفنون بكثرة الخطوط المستقيمة المتساوية البعد

وفي نسخ اليد وطبع الكتب تكون الحروف موضوعة على خطوط متساوية

الابعاد اي متوازية كالالف واللام من اسم الله عز وجل

ويستعملون في فن الموسيقى الخطوط المتوازية المتساوية البعد (شكل ٥)

ليضعوا فيها نقاطا حلقيية مملوءة او فارغة بسيطة او مركبة باذيال متوازية

ثم يجمعون هذه النقاط الحلقيية بحيث لا يلزم للغناء اولا جراً نغمات كل جملة

الازمن واحد وهذا الزمن هو المسمى بالقياس وتكون الخطوط المتنوعة

منفصلة بخطوط مستقيمة عمودية على الخطوط الاول المتوازية وبناء على

ذلك تكون هذه الاعمدة خطوطا موازية لبعضها

ويرسمون في الغالب مرة واحدة خمس خطوط متوازية بواسطة قلم جدول

له خمسة اسنان موضوعة على خط مستقيم ويتكأ عند الرسم على مسطرة

بشرط ان تكون الاسنان الخمسة موضوعة على صف عمودي على هذه

المسطرة فن الواضح حينئذ ان نرسم خمسة خطوط متساوية الابعاد

ومتوازية ايضا

واستعمال الخطوط المتوازية المتساوية البعد غير متناه في سائر الفنون

حيث ان الحراث يصنع خطوطه على موجب الخطوط الموضوعة هكذا

فعند ما تحرث الارض ويمجر محراثه على خط مستقيم ترسم اسنان المحراث

المتساوية البعد خطوطا مستقيمة متوازية وبناء على ذلك تؤثر اسنان الآلة

كلها في الارض على السوية لتقسم قطع الارض التي فصلها من المحراث
الى قطع صغيرة او كبيرة .

واذا اراد النقاش رسم سطوح كاملة الاستواء فانه يرسم اولاً اجزاء كبيرة
الظل او صغيرة بخطوط غليظة او رفيعة لكنها تكون متوازية ومتساوية
البعد

فاذا اراد رسم سطوح مستوية وكان جزؤها يبعده عن الراصد او سطح
السماء فانه يستعمل ايضا خطوط انظرية مستقيمة ومتوازية ويمكنه ان يجعلها
على ابعاد متساوية بشرط ان تكون الخطوط القريبة من الراصد اعمق
واعرض من الاخرى ويمكنه ايضا ان يصنع خطوط الظلية على منوال واحد
في العمق والعرض لكنها تكون متباعدة عن بعضها بقدر ما تكون تقط الفراغ
الدالة عليها اقلية الظل او قليلة البعد عن الراصد وهذه التدريجات لها قواعد
هندسية فينبغي لكل من اراد من ارباب الفنون تحسين علميته ان يقف على
حقيقة هذه القواعد .

ويمكن الآن ان نبرهن على ان كل خطين مستقيمين متوازيين يكونان متساويين
البعد في جميع طولاهما

فترسم خطي ا ب و ش د المتوازيين (شكل ٦) وتنزل ا ث
و م ن عمودين على هذين الخطين ونعين نقطة كنقطة ش في
منتصف خط ا م وتنزل ش ك عموداً على هذين الخطين
المتوازيين ثم نثنى الجزء الايسر من الشكل على جزئه الايمن بدوران الاول

حول خط ش ك كالواب وتطبيقه على الثاني فزاويتا ك ش ا
و ك ش م من جهة و ش ك و ش ك ن و ش ك م من جهة اخرى
تصير متساوية وخط ش ا ينطبق على خط ش م
و ك ث على ك ن وحيث كانت زاويتا ش ا ث

و ش م ن قائمتين ومتساويتين نخط ا ب ينطبق على م ن وتقع نقطة ث على نقطة ن فاذن يكون عمود ا ب مساويا لعمود م ن وحيدئذ يكون خط ا ب و م ن العموديان (شكل ٦) اللذان يقيدان في اوضاع مختلفة مسافتهما المتوازيين مساويين لبعضهما وهما اقصر بعد بين هذين الخطين المتوازيين

ويكون عمود ا ب و م ن الواقعيان على خط ا ب المستقيم متوازيين فاذن يكون مستقيما ا م ر و ب ن العمودان عليهما مساويين لبعضهما

وبناء على ذلك اذا كان هنالك متوازيان كخطي ا ب و ث د ومستقيمان آخران كـ ا ب و م ن المتوازيين العمودين على المتوازيين الاولين فجزأ الخطيين الاولين المستقيمين المحصوران بين الخطيين الآخرين يكونان مساويين لبعضهما وكذلك جزأ الخطيين الآخرين المحصوران بين الاولين يكونان مساويين لبعضهما

اجراء العمالية على سكك الحديد اى السكك ذات القضبان وهى سكك يصنعون عليها قضباناً مجوفة او محدبة كاملة الاستقامة والاتصاف يتحرك فيها او عليها بغاية الدقة اربع عجلات من العربات اثنتان منها على القضيب الايمن واخرى ان على القضيب الايسر ومتى كان احدهذين القضيبين مستقيما لزم ان يكون الاخر بعيدا عنه بمسافة مساوية لبعدهما عن العجلات الموضوعة على محور واحد وبذلك يكون القضبان متوازيين حيث انهما متساويان البعد ومستقيمان ومتوازيان وفي النقل على هذه السكك فائدة عظيمة ووفر جيدا بالنسبة للنقل الحاصل على الطرق العادية

واذا فرضنا ان خط د ث يقرب من ا ب (شكل ٦) بشرط

ان يكون دائما عمودا على ا ب فانه يكون دائما موازيا لخط ا ب الذي يقرب منه شيئا فشيئا مع التساوي في جميع اجزائه ولتحرك هذه الخطوط المتوازية والتساوي الذي تحفظه الخطوط المذكورة في ابعادها فائدة عظيمة في الميكانيكة

تطبيق الخطوط المتوازية على عجلات الآلة المستعملة لغزل القطن

اذا تصورنا عجلة متجهة على حسب اتجاه ث د وامكن تقدمها او تأخرها (شكل ٦) عن ا ب مع التوازي بواسطة العجلات الصغيرة التي تمر على قضبي ا ث و م ن المتوازيين فان خيوط القطن تمتد من خط ا م الذي هي خارجة منه بمسافة متساوية لتلتف على مغازل بمسطقة على اتجاه ث ن المتساوي البعد وعند ما تقرب عربة ث ن من

ا م تنقص بالسوية مسافات تقط ث ن الموجودة على مستقيم ا م وبناء على ذلك تلتف الخيوط بالتساوي على المغازل بدون ان تكون كلها مشدودة مع التساوي ومتى بعدت العربة من خط ا م اتجهت الى ث ن كانت الخيوط ممدودة بالتساوي كذلك ولذا يمكن بواسطة تساوي الخطوط المتوازية المحصورة بين متوازيات اخر الوصول الى انشاء الآلات الظريفة المعدة للغزل التي ليست فائدتها مقصورة على غزل اربعين قتلة او خمسين او ستين او اكثر من ذلك بمجرد حركة العربة مرة واحدة بل تصنع زيادة على ذلك سائر الخيوط مع مساواة لا يمكن تحصيلها اذا عزلت بدون هذه الطريقة وبدون الوسائط الهندسية

والى الان لم تقابل الخطوط المتوازية الا بالخطوط العمودية ولتقابلها لان بالخطوط المائلة بان نفرض (شكل ٧) رسم خطي ا ب و ث د المائتين بالنسبة لخط ه ا ث ف فاذا كانت زاويتا

أ ب و ه ث د (اللتان يقال لهما متقابلتان) متساويتان فان

مستقيمتي **أ ب** و **ث د** يكونان متوازيين

ويكون عكس ذلك صحيحا يعني اذا كان هذان الخطان متوازيين فان كل ماثل يقطعهما بشرط ان يصنع معهما اربع زوايا حادة متساوية واربعة زوايا منفرجة متساوية ايضا

وفي الفنون التي يحتاج فيها الانسان الى رسم مستقيم مواز لاخر يستعمل غالباً خطا يتوازيان

ويستعمل لذلك مسطرة مثلثة مثل **س ه ز** (شكل ٨) من الخشب او الزجاج او المعدن وهي مسطرة الرصاصين وسميت مثلثية لان **س ه ز** اللذين هما ضلعاهما على شكل زاوية قائمة او مسطرة مثلثية

واذا فرضنا الآن ان المطلوب هو رسم مستقيم من نقطة **أ** مواز لخط **ث د** (شكل ٨) فانه ابتداءً اولاً يوضع المسطرة المذكورة وهي **س ه ز**

بحيث يتبع احد اضلاعها وهو **س ه** اتجاه **ث د** ثم تضع مسطرة **م** على ضلع **س ه** من المسطرة المثلثية وتنسك باليد او بالثقالب اخر مع الشدة على المسطرة المثلثية لتثبت على المستوى ونحمر باليد الاخرى المسطرة المثلثية على امتداد المسطرة حتى يصير ضلع **س ه** قريباً جداً من نقطة **أ** المفروضة بالنظر الى الآلة التي تستعمل لرسم مستقيم **أ ب** المطلوب ويصير هذا المستقيم المرسوم على امتداد **س ه** موازياً بالضرورة لخط

ث د حيث ان الزاويتين الحادتين المتقابلتين المصنوعتين بالمسطرة وخطي **أ ب** و **ث د** متساويتان

وبواسطة ضلع **س ه** من المسطرة المثلثية يمكن رسم خطوط عمودية على المسطرة وذلك اسهل من رسم الخطوط العمودية بواسطة الخطوط المائلة المتساوية الميل ولكن يلزم لذلك مساطر مثلثية جيدة الضبط وان كانت مادرة

الوجود حتى انه لا يوجد في المدن التي تقدمت فيها الفنون الاقليل من
الصناعية الذين يصنعون مساطر مثلثية ومساطر جيدة الضبط يكتفي بها
مهرة الرسامين
وانشرح الآن تطبيق الخواص التي ذكرناها آتقا على تركيب الاجسام
وحركتها فنقول

اذا كان هناك (شكل ١٠) شكل لا تتغير صورته مثل ا ب ث د
وفرضنا تقدمه بحيث تكون جميع نقطه الموجودة على مستقيم ا م د ح
الخ متحركة على مستقيم ا م د ح الخ فنقول ان كل نقطة كنقطة
ب او ث او د التي هي من شكل ا ب ث د ترسم
مستقيم ب ر او ث ش او د د الموازي لخط ا ا وحيث كانت
صورة الشكل المذكور لا تتغير مدة تحركه لزم ان كل نقطة من نقط
ب و ث و د تمكث دائما على بعد واحد من مستقيم ا ا فاذن
ترسم هذه النقطة خطا مستقيما موازيا لخط ا م د ح الخ
وكثيرا ما يستعمل في الصناعة هذه الخاصية المستحسنة المعلومة من الهندسة
(بيان تطبيق العملية على حركة الدروج في بيوتها)

قد تكون الدروج والتخت والدواليب والصناديق الا فرنجية متداخلة ومعانة
في تحركها (شكل ٩) يبروز ترسم التحاماته القائمة خطوطا مستقيمة
متوازية كخطوط ا ا و ب ب و د د و ث ث وعند تقدم
الدرج او تاخره اذا كانت مهماته جيدة اعني اذا كان توازي جميع اجزائه
ملحوظا بالدقة يكون محكما عند دخوله في بيته ولا يختل باى وجه كان
في جميع حركاته حيث ان الخطوط المتوازية التي انحصرت بين هذه
المتوازيات وصارت بذلك متساوية تدل على بعد النقط المتنوعة من هذا
الدرج في سائر اوضاعه المختلفة

(بيان تطبيق العملية على حركة المكابيس في الطلمبات)

هذا التطبيق يفيدنا كيف يكون المكاس الداخل مع الاتقان في جسم طلبية محيطها مركب من خطوط مستقيمة متوازية متحركة فيها مع غاية الضبط بدون ان يعرض له عارض في حركته وذلك اذا كان جسم الطلبية والمكاس مصنوعين مع الضبط واما اذا كان المكاس يصعد ويهبط بالتوالي فان كل نقطة من دائرته تعبر خطا مستقيما موازيا لمحور جسم الطلبية ولا بد ان تكون جميع هذه الخطوط المتوازية المرسومة موضوعة بالكلية في داخل جسم الطلبية لاسيما عند عمل الآلات البخارية التي اذا حدث فيها ادنى خلل وقل اختلاف في التوازي حصل لقواها الضعف والضياع

(بيان تطبيق العملية على نجمة القماش وحيث كنه)

لاجل نجمة القماش تمدد اولا على التوازي نجمة من الخيوط ونجمتها من طرف على حاشية ونلقها من الطرف الاخر على عمود من الخشب او غيره ثم نشد الخيوط المذكورة حتى تنهي الاجزاء المنفردة بجملة خطوط مستقيمة متوازية وموضوعة على مستوا واحد * ولكيلا يكون القماش المراد تسجيحه مرتخيا في بعض الاجزاء نستعمل آلة تسمى مشطا وهي مركبة من اسنان رفيعة مستقيمة ومتساوية البعد عن بعضها مع التوازي ومن جهتيه موافقين لبعضهما وندخل في كل مسافة من المسافات التي بين اسنان المشط خيطا من السدي وهو الذي ينظم تباعد الخيوط عن بعضها فبمجموع الخطوط المستقيمة المتوازية اللذين احدهما يستعمل لتنظيم الاخر حين يكون المشط مصنوعا مع الضبط نصل الي صناعة اثنية كبيرة العرض والطول مع التساوي التام في جميع اجزائها

ومن المعلوم عند جميع الناس ان الهنديين احسنوا صناعة الكشامير المشهيرة حتى بلغت في الحسن والدقة غاية الكمال ومنع ذلك لم يكن عندهم لاجل تحقيق توازي الخطوط وتساويها في البعد طرق تشبه في الضبط والتحقيق طرق الافرنج فلذا عسر عليهم صناعة ارضية الشيلان المقاربة لـشيلان الافرنج في القماش والمتحدة معها في النسيج مع ان اهل اوروپا لم تشرع في هذه

الصناعة الامنذ عشرين سنة

ومن الضروري ان نوضح للامدة ان كمال الدرجة العليا المتحصلة في فن
من الفنون منوط بالطرق التي يستعملها الانسان ليقترب من الضبط كما تبينه
الهندسة التصورية في توازي الخطوط المستقيمة التي هي كتابة عن الخطوط
الرفيعة جدا

ويتهز الانسان غالباً الفرصة في تبين هذه النتائج باى محمل نستلزم فيه
تقدمات الصناعة اذ خال قوة الادراك والتركيبات الهندسية
في شغل الكرخانات وقد ذكر غير مرة ان هذا هو الذى يجبر ارباب الصنائع
على معرفة الهندسة المطبقة على الفنون معرفة جيدة

وتستعمل خواص الخطوط المتوازية لتركيب اى شكل اوجسيم يكون
مساوياً بالجسم معلوم اولشكل كذلك

فاذا فرضنا مثلاً ان المراد عمل شكل ا ب ث د (شكل ١١) مساوياً

على وجه الصفحة لشكل ا ب ث د المرسوم سابقاً فالتأشير بخطوط

ا ب و ث د و د ا مساوية لخط ا ا وموازية له ثم

نرسم خطوط ا ب و ب ث و ث د و د ا فتصير هذه الخطوط

المذكورة مساوية بالضرورة لخطوط ا ب و ب ب و ب د و د ا

وموازية لها وبهذا السبب يصير الشكلان متساويين

(بيان تطبيق العملية على رسوم الابنية المدنية والبحرية)

اذ الزم ان تنقش قطعة من الخشب او الحجر او الحديد نقشا ينطبق بالدقة على

مخوف او محدب مهما لادخال القطعة المخوفة فيه فتستعمل خواص الخطوط

المتوازية التي استعملناها آنفاً فاذا فرضنا مثلاً ان اردنا ان نحرق في الداخل

المدلول عليه بخط ا ب ث د ه ف (شكل ١٢) قطعة من

الخشب مثل س ص بعد تجييرها وترقيقها بالكلية فنقول انه يمكن

لذلك رسم خطوط ا ب و ب ث و ث د و د ه و ه ف

المساوية والمتوازية لبعضها ثم نرسم محيط ا ب ث د ه ف ونحرق قطعة

س. حسب هذا المحيط

ونستعمل هذه الطريقة لاجل ان نصنع من الواح الخشب الخفيفة ارائيك الخطوط الاصلية التي نصنع بها سفينة على موجب رسم معلوم ويسمى مهندسو السفن طريقة الخطوط المتوازية بالنقالة ويترتب على صحتها الامانة التامة التي بها تجرى عملية الاشكال المعلومة عند المهندسين على وجه الصحة

واما استجبال هذه الطريقة الخاصة باجتماع القطع الكثيرة المحوكة او المجدبة (شكل ١٣) التي ينبغي تعشقها ببعضها فان صلابة السفينة متوقعة على احكامها وعلى المقاومة التي ترد تحرك اجزائها عند ما يحصل لهذه السفينة مشاق من البحر وهذه الحركة هي احدى اسباب الاتلاف المضر جدا كما ستقف عليه فيما بعد

بيان تطبيق الخطوط المتوازية على رسم الهندسة الوصفية اى قواعد المساقط

قد ذكرنا بالاختصار طريقة رسم شكل يساوى شكلا آخر بواسطة الخطوط المتوازية وهذه الطريقة استعملت ايضا لعمل ارائيك عام لرسم صورة الاجسام وهذا هو الغرض الاصل من رسم الهندسة الوصفية فنقل على مستوي يسمى مستوي المسقط كتخته اولوح او فرخ ورق منفرد الجسم المراد رسمه وذلك بان نمد من كل نقطة من نقط الجسم المطلوب رسمه خطا مستقيما موازيا لاتجاه معلوم بمقتضى الاتفاق ولا يخفى ان كل نقطة من نقط الجسم المرسوم تترك موضعها الاصل وتوضع على سطح المسقط مع اتباعها للاتجاه المتوازي المتفق عليه فاذاً يكون وضع النقطة الجديدة على مستوي المسقط هو نفس مسقط النقطة .

فاذا اسقطنا سائر نقاط خط مستقيم او منحنى فانه يتألف منها على مستوي المسقط مستقيم ومنحنى جديدان بصيران مسقطي الخط المستقيم او المنحنى الاصل

وهذه هي الطريقة المستعملة لاخذ صورة الاجسام في الابنية المدنية والعسكرية والبحرية وفي فن قطع الاخشاب والاحجار وفي الرسم المبدع لعمل الآلات وهلم جرا

ولا يكتفى مسقط واحد للاجسام المراد تصورها وانما ينبغي مسقطان او اكثر لتحديد صورتها وقدرها مع غاية الضبط ولذا يستعملون سطحي مسقط ليسهل اجراء عملياتها بفرض احدهما راسيا والاخر اقليبا وينقل او يسقط على المستوى الراسي الجسم المراد رسمه بواسطة خطوط متوازية افقية وينقل او يسقط الجسم المذكور على المستوى الافقي بواسطة خطوط متوازية راسية

ومن ذلك يسمى المسقط الافقي مستوى الجسم والمسقط المنتصب ارتفاعه ويجب على التلامذة من الآن فصاعدا معرفة ضرورة رسم المساقط مع الضبط بواسطة المستويات والارتفاعات ومعرفة جميع الاجسام المطلوب رسمها وعمليتها في سائر القنون التي ينبغي ان يكون فيها للنتائج صورة جيدة العمة اما على حسب الاراء انك او على حسب الابعاد والمساقط المعينة سابقا

ويتحصل للتلامذة عقب هذه الممارسة وسائط العمل في الاحوال التي تقدم لهم غير ان ذلك لا يكفيهم وانما يلزمهم معلم خصوصي يعلمهم رسم المساقط بطرقه ومعارفه

(بيان تطبيق طريقة المساقط على فن الميكانيكة)

ليست الخطوط المتوازية والعمودية مستعملة بواسطة المساقط لمجرد رسم صورة اي جسم مفروض عدم تحركه في وقت معلوم فقط بل تستعمل ايضا لتبيين الطريق التي يتبعها او يجب ان يتبعها كل من نقط ذلك الجسم عند تحركه بأي حركة كانت وهذا التطبيق الجديد الناشئ عن الهندسة من اعظم الاشياء نفعا لفن الميكانيكة فيسوغ لنا ان نرسم بواسطة الخطوط ما ليس بمحقق في الصورة في الفراغ ويسوغ انما ايضا ان نعين على الدوام رسوم الاشياء

التي من شأنها الخفاء في الوقت الذي يعقب ظهورها
 فإذا فرضنا مثلاً أننا أطلقنا رصاصة بندقة أو كلة مدفع نحو هدف معلوم
 فإن مركز هذه الرصاصة أو الكلة يقطع خطاً غير مشاهد ومع ذلك فيمكننا
 أن نرسم هذا الخط كما ينبغي على مستو ما ونستعمل هذا الرسم في أحوال
 كثيرة كما إذا أردنا أن نتحقق من تأثير ضرب طليقة على استحكامات فعلية
 حسب دخول هذا الخط المتجه على رأس الاستحكامات في الفراغ الذي يشغله
 المحافظون أو مروره بأعلى هذا الفراغ من بعد لا يصل إلى المحافظين يكون
 للطليقة فائدة أو عدم فائدة بالنسبة للمعاصرين (بكسر الصاد) وتكون
 خطرة أو غير خطرة بالنسبة للمعاصرين (بفتحها) الذين خلف السور
 (راجع الدرس الرابع عشر)

فإن نرسم الخط المراد قطعه بمركز الرصاصة على سطح المسقط المبيّن
 للأوضاع الأصلية ونقوش الطليقة والاستحكامات لنعرف ما يرجي أو ما يخشى
 من نتائج هذه الطليقة

ونرسم أيضاً بواسطة الخطوط جملة النقاط التي يقطعها مركز القمر حول
 الأرض ويقطعها أيضاً حول الشمس مركز الأرض وباقي النجوم السيارة
 وذات الذنب وما أشبه ذلك فتكون معرفة الخطوط المقطوعة على هذا الوجه
 بالكواكب السيارة منظومة في تلك الاستكشافات النفيسة التي كشفها
 عقل الإنسان ومكث أحقاها من السنين حتى وصل إليها

والقصد من صناعة الآلات المستعملة لضرورة الناس واشغال الصناعة أن
 بعض اجزائها يحصل عنه حركات مخصوصة ولا يكفي رسم اجزاء كل آلة في وضع
 مخصوص بل يلزم رسم حركات هذه الاجزاء وسيرها وقد يتحصل ذلك
 باستعمال طريقة المساقط مع الخطوط المتوازية والعمودية وبواسطة هذا
 الرسم نقف على حقيقة ما ينشأ من صور الاجزاء المتنوعة لهذه الآلات
 عند تحريكها

ويعلم من ذلك أن القضية المتعلقة بالتوازيات والخطوط العمودية التي يظهر

انها سهلة وموجزة جدا لها تطبيقات مفيدة اما الرسم الاشياء وصناعتها بالنظر الى اشكالها ورسم اثاث البيوت والابنية والآلات اول الدلالة على الحالة الثابتة للاجسام واحوال تحركاتها المتنوعة فاذن ينبغي التعود بكثرة على طريقة الرسم التي تجري في الصناعة.

ومن اتقن عمليات الخطوط المتوازية العملية التي استعملت لرسم الخطوط المنحنية بواسطة الخطوط المستقيمة المتوازية

فان افترضنا اي خط منحني كخط م ا ب ب د ن (شكل ١٤) فاننا نقله الى خط مستقيم اصلي اي الى محور م د بواسطة عدة خطوط

اخر مستقيمة متوازية كخطوط ا ا و ب و ث و د و ه الخ ثم نرسم عادة هذه الخطوط الاخيرة على ابعاد متساوية

(بيان اجراء العملية في رسم الخطوط المنحنية)

فائدة هذا الرسم الهندسي هو انه يسوغ لنا رسم صورة الخطوط المنحنية وعندها ولو كانت قليلة الانتظام ان امكن التعبير بهذه الطريقة ومن ذلك المثال الشهير المقر في عمارة السفن

(بيان المثال المذكور)

حاصله ان سرعة سير السفينة في حد ذاتها تتعلق بالصورة الموافقة للقارينة اي الجزء الاسفل المنغمس في الماء فينبغي ان تكون هذه الصورة دائمة ومحكمة الصناعة على حسب الابعاد التي يحددها المهندس ولذا يستعملون القواعد الهندسية المضبوطة في رسم قارينة السفن وتركيبها والمعول في ذلك على قاعدة المتوازيات والخطوط العمودية

والضلع الايمن من السفن التي نصنعها يسمى تريبورا اي الجهة اليمنى وهي مضاهية بالسكينة للضلع الايسر المسمى بالبابور اي الجهة الشمالية ولاجل عملها نمد خطا قويا كخط م ن (شكل ١٥) يصل مقدمها بمؤخرها ونقيم على هذا الخط المستقيم المنقسم الى اجزاء متساوية مثل م ا و ا ب

ب ب ث الخ خطوطا عمودية ونضع على هذه الخطوط تقاطعا على خطوط الماء

ونفرض ان السفينة تنغمس بالتدريج في البحر بدون ميل من الجهتين ونضع في كل درجة من الانغماس على سطحها الخارج خط محيط الماء وهو المسمى بخطوط الماء والذي يدانا من مبدء الامر على اتصال هذه الخطوط هو صحة اشكال السفينة وتكون هذه المنحنيات محددة كما ذكرناه آنفا بواسطة انصاف الاعراض الموضوعة على يمين المحور وعلى يساره وعلى المتوازيات واذا كانت انصاف الاعراض المذكورة مدلولها عليها باعداد بالنظر الى كل خط مائي وكل متوازي فانه يمكن دائما رسم القارينة اي الجزء الاسفل من السفينة وبناء على ذلك يمكن عمل السفينة المذكورة

(مثال ناشئ من رسم الطرق والخلجان)

مثلا اذا كان خط **م ن** المأخوذ محورا (شكل ١٦) هو خط تسوية مياه الخليج او خط آخر مواز لهذه التسوية فاستخدم خطوطا عمودية

مثل **ا ا و ب ر و ث** من ابتداء هذا الخط الى الارض التي صورتها منتهية بالخط المنحني المار بنقط **ا و ر و ث و ب** وهناك آلة يقال لها آلة التسوية تستعمل لتحديد ارتفاعات **م م و ا ا و ب ر**

و ث وسيأتى لك بيانها عند الكلام على آلات الماء

ثم نصنع ما يسمى بالرسوم الجانبية القاطعة بان نمد من **ك** كل نقطة من نقط

ا و ب ر و ث و د الخ خطوطا افقية عمودية على **م ن** ونعتبر كل واحد من هذه الخطوط محورا جديدا ثم ننزل من هذا المحور بخطوط عمودية على الارض ونقيس طولها ثم نصنع لكل محور جديد شكلا بواسطة خطوط الارض العمودية والمنحني المقابل لهذه الخطوط

وقد تكون هذه العمليات لازمة لزوما ضروريا في معرفة كمية الارض التي ينبغي حفرها في الاماكن المرتفعة لنقلها الى الاماكن المنخفضة وتغيير صورة

الارض الاصليّة الى الصورة الملايعة للطريق او الخليج الذي يراد رسمه وبما جملته
فان هذه الارتفاعات ينشأ عنها مع السرعة والسهولة طريقة عن الحسابات
الضرورية في تقويم كميات الارض التي يراد رفعها وازالتها وهو ما يسمى
حفر او نقلها وهو ما يسمى ردما

واذا اردنا تحديد عمق بحيرة او نهر او ميناء او مرسى مع غاية الضبط فالتقسيم
السطح الى جملتين من الخطوط الافقية المتوازية المتساوية البعد بشرط
ان تكون خطوط احدهما عمودية على خطوط الاخرى فاذا تقر ذلك نزلنا
من كل نقطة تكون فيها الخطوط المتوازية الممتدة الى جهة واحدة مقطوعة
بخطوط متوازية ممتدة الى جهة اخرى بعمود يصل الى الارض واذا امررنا
بخطوط منحنية من طرف الخطوط العمودية الممتدة من افق واحد فالتساوي
نصنع الشكل الجانبي لقاع البحيرة او النهر او الميناء او المرسى وبهذه الطريقة
يُحصل لطول هذه الاشياء او عرضها يسائر الرسم الجانبية اللازمة في تحديد
صورة هذا القاع.

وعوضا عن اتباع الطريقة المذكورة الدالة على صورة الارض المغمورة بالماء
او غير المغمورة نستعمل غالبا خطوطا منحنية بشرط ان تكون الارتفاعات
المنتصبة متساوية بالنظر لكل من هذه الخطوط المنحنية وحينئذ نصنع جملة
من الخطوط المنحنية الافقية ونفرض عادة ان الخطوط المنحنية المتتالية تكون
متساوية البعد عند قياسه اى البعد المذكور مع الانتصاب وبناء على ذلك
يستدل على القطوع الافقية الموجودة على المسقط المنتصب اعنى على
الارتفاعات بتوازيات متساوية البعد وهذا هو الذى يترتب عليه عدة عمليات
ولهذه الطريقة فائدة عظيمة وهو انما تظهر بمجرد النظر على مستو كفرخ
من الورق الصورة التامة للارض في جميع اجزائها المتنوعة

وايس نفع تعيين الصورة المذكورة مقصورا على رسم الجهات المائية اى
وصف الأماكن المغمورة بالماء او المروية بها بل ينفع ايضا في التبغرافية
اى ما يخص البلدان لاجل اخذ صورة الوديان والجبال وغيرها مع الضبط

والتفصيل وينفع ايضا المهندس الجهادي كما ينفع مهندس القناطر
والجسور في رسم الطرق السلطانية واجراء عملية الاستحكامات
واذا اريد تشييد قنطرة قنائية او اعتيادية فلن ابغال هذه القنطرة ترتفع الى
ارتفاع خط التسوية الذي هو م ن (شكل ١٧) ويقسم هذا
الخط من حيث هو الى اجزاء متساوية مثل م ا و ا ب و ب ث
وعلى كل نقطة من نقط التقسيم تنزل اعمدة ا ا و ب ب و ث ث
و د د الى الارض فتكون هذه الخطوط دالة على الارتفاع الذي ينبغي ان
تأخذها ابغال القناطر الاعتيادية والقنائية

ولم نتوسع زيادة عما يلزم في هذه التطبيقات العديدة التي يمكن عملها في شأن
رسم صور الامتداد بواسطة المتوازيات ومرتبة فائدة هذه الطريقة وسهولتها
وايجازها وسرعتها فينبغي حيث ينشأ كثرة التردد عليها وان يرسم مع المشقة عقدة
اجسام تتعلق بالمحاور والمتوازيات بشرط ان ينتشر جنس هذا الرسم
بالتدريج في جميع الكرخانات

ويمكن ان مراجعة كتب الرسم والهندسة المختصة بالمستويات والسطوح
المخنية وكتب الهندسة الوصفية لا تخلو عن فائدة

(الدرس الثالث)

(في بيان الدائرة)

الدائرة هي سطح مستو تكون جميع نقط دائره المسمى بالحيط على بعد واحد
من نقطة الوسط المنفردة المسماة مركزا

وجميع الخطوط المستقيمة الواصلة من ذلك المركز الى المحيط تكون متساوية
عندما تمسح الابعاد المتساوية ويطلق على هذه الخطوط المستقيمة اسم انصاف
الاقطار فاذن تكون جميع انصاف اقطار الدائرة متساوية

ومتى كان نصف القطر متقابلين احدهما على يمين المركز والاخر على يساره فان
الخط المستقيم المنفرد المتألف منهما يسمى قطر الدائرة

وحيث كانت θ هي مركز دائرة $ا ب د ه$ (شكل ١) كانت جميع
انصاف اقطار $\theta ا$ و $\theta ب$ و $\theta د$ و $\theta ه$ متساوية
واذا تالف من نصفي قطر $\theta ا$ و $\theta د$ خط مستقيم كخط $ا د$
فمذا الخط هو قطر الدائرة

وكل قطر مثل $د ا$ (شكل ١) يقسم الدائرة الى قسمين متساويين
ويكفي في اثبات ذلك اثني جزء $د ا ب$ على جزء $د ا ه$ بتدوير $د ا ب$
حول قطر $د ا$ كلوا ب فاذا وقعت نقطة من محيط $د ا ب$ في داخل
محيط $د ا ه$ كانت قريبة من المركز واذا وقعت في خارجه كانت
بعيدة عنه وهذا غير ممكن حيث ان جميع نقط محيط $ا ب د ه ا$
على بعد واحد من المركز فاذن ينطبق محيط $د ب ا$ بالكلية على
 $د ه ا$ ويكون جزا الدائرة المنقطعتان عن بعضهما بقطر $د ا$
متساويين .

ويطلق اسم الوتر على كل خط مستقيم كخط $م د$ (شكل ٢) منته
من كتابته يتجه بمحيط الدائرة ويطلق قوس الدائرة على كل جزء من المحيط بجزء
 $م د$ ويطلق اسم السهم على جزء $م د$ من نصف قطر $ث ح$ غ
العمودي على الوتر وهو منحصر بين الوتر والقوس
وهذه الاسماء منقولة من اسماء الحشب الذي كان يستعمله القدماء حيث
يشدونه بوتر على هيئة جزء من المحيط تقريبا (شكل ٣) ويطلقون عليه
اسم القوس وهو معد لرمي السهام الموضوعة على منتصف الوتر في اتجاه
عمودي عليه ومن ذلك يعلم ان التطبيق واسطة في انشاع دائرة العلوم
وفي نقلها لاسماء صارت فيها من قبيل الحقائق العرفية

وكل نصف قطر مثل $ث ح$ غ (شكل ٢) العمودي على وتر $م د$
يقسم القوس والوتر الى قسمين متساويين

ولا ثبات ذلك عند نصفي قطر $ث م$ و $ث د$ اللذين هما خطان

مائلان متساويان بالنسبة الى عمود ش ح فينتج اولا $\text{م ح} = \text{ح د}$
وكذلك يكون وتر م غ و د ح مائلين متساويين واذا ثبتنا ش غ د
على ش غ م فان نقطة د تقع على نقطة م وقوس د ح ضئ غ
على قوس م د غ بحيث لا يمكن ان تقع نقطة ما من نقط القوس الاول
داخل الثاني او خارجه من غير ان تكون قريبة او بعيدة من مركز ش *
ثانيا ان قوسي م د ح و د ح غ يكونان متساويين
(اجراء العملية في رسم الخطوط)

يتألف من الخاصية التي ذكرناها انفاعليات نافعة جدا في فن الرسم وفي اغلب
الفنون التي ينبغي ان نجعل لها اقيسة جيدة الضبط

فتستعمل اولا لقسمة قوس الدائرة الذي هو م غ د (شكل ٤) الى
قسمين متساويين ولذلك نأخذ بيكارا ونفتح على قدر الكفاية (اعني اكثر
من نصف م د) ثم نضع بيك في احد طرفي البيكار ونرسم بالطرف
الآخر قوس الدائرة وهو ر ض ط ثم نأخذ الطرف الثاني من البيكار
ونضعه على د ونرسم بالطرف الاخر منه قوسا ثانيا كقوس ه ح ضئ غ
بشرط ان نهتم في عدم فتح البيكار وغلقه وقت اجراء العملية وتكون نقطة
ضئ التي يجتمع فيها القوسان على بعد واحد من نقطتي م د فاذا
نصير موضوعة على العمود الواقع على م د المار بمقتصف هذا المستقيم
وبمركز الدائرة وهذا الخط المستقيم هو الذي يقسم وتر م د وقوس
 م غ د الى قسمين متساويين .

فاذا لم يعلم وضع المركز يكفي ان يرسم من جهته قوسي ا ش د و د ه
بفتحة واحدة من البيكار فيكون مركز الاول م والثاني د ونصير
نقطة ه كنقطة ص على العمود الذي يقسم وتر م د وقوسه
الذي هو م غ د الى قسمين متساويين

واذا علمنا ثلاث نقط من محيط الدائرة كنقط م د و و د و ه (شكل ٥)
امكن ان نحدد وضع المركز ومقدار نصف القطر ونرسم نفس المحيط

ويكنى لذلك ان تنزل على حسب الطريقة التي ذكرناها اولا من منتصف
 م د خط غ ا عمودا على م د وثانيا من منتصف د ه و خط
 و ر عمودا على د و وعند من نقطة ث التي يتلاقى فيها عمودا
 ث غ و ث ر معا خطوط ث م و ث د و ث و المائلة
 فتصير متساوية فاذن تكون خطوط ث م و ث د و ث و ثلاثة
 انصاف اقطار للدائرة المطلوبة التي تكون نقطة ث مركزها

ومتى كان ا ب و د ه و ف غ التي هي اوتار الدائرة
 (شكل ٦) متوازية فان اقواس ا د و ب ه و د ف و ه غ
 الملح التي في هذه الاوتار تكون متساوية

ولا ثبات ذلك عند من مركز ث نصف قطر ث م د ه عمودا
 على سائر الاوتار فيقطع كل واحد منها الى جزئين متساويين وزيادة على ذلك
 اذا قابلناه بطول الاقواس المطابقة لهذه الاوتار ترتب على ذلك ان قوس
 غ ا يساوي قوس ج ب وقوس ج د يساوي ج ه و ج ف
 يساوي ج غ

ويترتب على ذلك ان قوس ا د يساوي ب ه و د ف يساوي
 ه غ

وقد يكون مستقيم س ج ص (شكل ٦) العمودي على نصف
 قطر ث ج من الدائرة والممتد من نهاية نصف القطر المذكور واقعا
 بتمامه خارج الدائرة ولا يتخذ معها الا في نقطة واحدة كنقطة ج فاذن
 يكون هذا المستقيم مماسا للدائرة ولا يمكن ان يمر مستقيم آخر من نقطة ج
 بين الدائرة ومماسها الذي هو س ج ص

وبيانه ان يقال حيث كان نصف القطر عمودا على مستقيم س ج ص فان
 نقطة ج التي هي موقع هذا العمود تكون اقرب لمركز ث الموضوع
 على هذا العمود مما عداها من النقط الاخرى كنقطة س او ص لان

البعد الحاصل بين نقطة س او ص ونقطة ث مقيس بالمائل الذي يكون بالضرورة اطول من عمود ث ح فاذن ~~تكون~~ سائر نقط مستقيم س ح ص موضوعة خارج الدائرة ما عدا نقطة ح والفنون في هذه الخواص الموجودة في الدائرة منفعة عظيمة بالنسبة للمستقيمات المماسية لها

ويمكن في مبدع الاسرار ادارة الدائرة حول مركزها الذي هو ث المفروض انه ثابت وفي هذه الحركة يكون تماس س ص ثابتا و يترتب على ذلك امر ان احدهما ان الدائرة لا تتجاوز س ص ثانيهما انها تمس دائما س ص في نقطة ح البعيدة عن مركز ث بمسافة مساوية لنصف قطر ث ح وبناء على ذلك اذا تمس مستقيم ثابت الدائرة في نقطة وكان مركز تلك الدائرة ثابتا على محور فيمكن ادارة هذه الدائرة بدون ان يلحق الانسان مشقة في بعده عن هذا الخط المستقيم او في دفعه عنه
(اجراء العملية في خرط جسم متحرك بواسطة آلة ثابتة)

يستعمل الخراط هذه الخاصية لقطع سطح مستو على حسب محيط مستدير بان يدير المستوى حول نقطة ثابتة كنقطة ث المجموعة مركز الدائرة ثم يوجه آلة سادة على اتجاه تماس س ص فتؤثر هذه الآلة القاطعة في نقطة ح وتكون جميع اجزاء المستوى المنفصلة عن بعضها بالآلة بعيدة عن نقطة ث بمسافة اكبر من ث ح وعلى ذلك تكون جميع نقط المحيط المنفصلة ايضا على هذا الوجه على بعد ث ح من المركز فاذن يكون هذا المحيط محيطا للدائرة

(اجراء العملية في عمل الاجار المعدة لسن الآلات ونسطيع السطوح)
تستعمل الخاصية المتقدمة في عمل الاجار الصالحة لسن الآلات ونسطيع الاجزاء المستقيمة من سطح جاد من نتائج الصناعة بان يملك الجسم المراد سنه او نسطحه باليد او غيرها ويتكأ به على حجر مستدير الشكل فان كان مركز هذا الحجر ثابتا ومحيطه محكم الضبط عند ادارته فكان سطحه مماسا دائما

للأجسام المراد منها وتسطيحها

ولا توجد هذه الخاصية في شكل غير شكل الدائرة لانه عند ادارة هذا الشكل تحدث اوقات يبعد فيها الشكل المذكور عن الاجسام الثابتة واوقات اخرى يدفعها عن نفسه

وعوضا عن كونه اقرب ان الدائرة متحركة ومماس $س س$ ثابت
تقرض عكس ذلك اعني ثبات الدائرة ونحوه مستقيم $س س$ مع جعل
هذا الخط المستقيم بعيدا عن مركز $ث$ بمقدار يساوي نصف القطر
فلا يزال مماسا لمحيط الدائرة

(اجراء العملية في خط الاجسام الثابتة)

تستعمل هذه الطريقة لقطع الاجسام الثابتة مع الاستدارة وفي هذه الحالة
تكون الآلة هي التي تدور حول المركز ويستدل على الجهة اليمنى من الآلة
بمماس $س س$ وعلى نفس القاطع بنقطة $ح$
ونؤلف بطريقة مختلفة بين حركة الدائرة ومماساتها

(اجراء العمل في التدوير)

اذا فرضنا ان مماس $س س$ لا يزال ثابتا وادركنا الدائرة فوقه بحيث
يكون كل جزء صغير من المحيط موضوعا على جزء آخر من المماس على التوالي
من غير ان يتقدم او يتأخر الى جهة الامام او الخلف فانه يحصل عندنا الحركة
التي يطلق عليها اسم التدوير وذلك من اعظم المهمات في الفنون

وفي هذه الحركة لا يزال مستقيم $س س$ مماسا للدائرة حيث انه يمس دائما
محيطها في نقطة واحدة فاذن يبقى مركز الدائرة بعيدا عن مستقيم $س س$
بمسافة مساوية لنصف قطر $ث ح$ وفي التدوير الكامل على خط
 $س س$ المستقيم يكون مركز الدائرة متحركا على مستقيم آخر مواز
لاستقامة $س س$ واذا كان هذا الخط المستقيم افقيا كان مركز الدائرة
تابعاً لخط افقي ايضا

فاذا دار كل خط من هذه الكيفية على الخط المستقيم الافقي فان النقطة

المركزية او غير المركزية تصعد تارة وتهبط اخرى فاذن لا يكون للنقل الحاصل في هذا الخط الذي هو عجلة غير مستديرة انتظام ولا لطاقة وهذا هو الحامل لنا على ان نجعل شكل الدائرة لسائر عجلات العربات المعدة لنقل ارباب السياحة او الاشياء .

(اجراء العملية في الحركات المتوازية)

يتحصل لنا من خاصية الدائرة التي نحن بصدد هاطريقة وجيزة سهلة لتحريك نقطة بالتوازي على مستقيم معلوم ويكون الصاق هذه النقطة بمركز الدائرة التي تدور حول مماسها الثابت

واذا مددنا خط $س هـ$ (شكل ٦) وجعلناه موازيا لخط $س ص$ بمسافة مساوية لنصف قطر $ش ح$ اول قطر الدائرة الذي هو $ح ث غ$ فان $س هـ$ يمر حينئذ بنقطة $خ$ التي هي نهاية قطر $ح غ$ ويكون مماسا للدائرة كخط $س ص$ واذا اردنا حينئذ الدائرة على $س ح ص$ فانها لا تنقطع عن تماس $س هـ غ$ بحيث ان مسافة المتوازيين واحدة

(اجراء العملية في تركيب الآلات)

متى اردنا ان نحرك بالتوازي مسطرة او بروازا مستقيما مع غاية الضبط على مستقيم معلوم فالتأناخذ حلقة او حلقات متساوية القطر ذات شكل مستدير مضبوط ونضعها بين المستقيم المجموعول قاعدة والمسطرة او البرواز المراد تحركه فاذن لا يبقى علينا الا ان نجذب او ندفع مع مماسة الحلقات المسطرة او البرواز على حسب لوازم الآلات التي تكون المسطرة او البرواز جزأ منها

واننبه على كثرة الطرق المتنوعة التي اخذت من علم الهندسة لتستعمل في الفنون من اجل رسم الدائرة او عملها بواسطة الخطوط المستقيمة وعكسها اي رسم الخطوط المستقيمة او عملها بواسطة الدوائر ومن اجل تحصيل الحركات المستقيمة بواسطة الحركات المستديرة والحركات المستديرة بواسطة الحركات المستقيمة والتعويل على المدرسين في اظهار سر هذه التطبيقات للتلاميذ

وبعد مقابلة الدوائر بالخطوط المستقيمة ينبغي مقابلتها ببعضها
وذلك بان نقرض ان دائرتي \bar{A} و \bar{B} (شكل ٧) موضوعتان على
وجه بحيث يكون بعد مركزيهما هو $\bar{A}\bar{B}$ يساوي $\bar{A}\bar{O} + \bar{B}\bar{O}$
الذين هما نصف قطرهما ومن البديهي ان نقطة \bar{O} تكون على المحيطين
معا وزيادة على ذلك لا يمكن لنقطة اخرى كنقطة \bar{C} ان تكون على هذين
المحيطين معا

وبناء على ذلك تكون الدائرتان مماسيتين لبعضهما
(اجراء العملية في نقل حركة مستديرة من محور الى آخر)
يمكن ادارة الدائرة الاولى (شكل ٧) بدون ان تنقطع عن مماسة الدائرة
الثانية المقروضة ثباتها او تحركها والمفروض ايضا دورانها في جهة واحدة
كالاولى او في جهة مضادة لها بدون ان تنقطع الدائرتان في هذه الحركة عن
مماسية بعضهما وبدون ان تدخل احدهما في الثانية
ويستعمل في الباقي الفنون هذه الخاصة الهندسية لتحريك دائرة بواسطة
دائرة اخرى اما بالنظر لجرد محاكاة المحيطات او بالنظر لامتلائها بالاسنان
المتساوية في الغلط الموضوع على بعد واحد وحينئذ ينبغي ان يلاحظ انه
اذا كانت احدى الدائرتين تدور من اليسار الى اليمين والاخرى من اليمين الى
اليسار فانهما يتحركان بالخلاف وقد يسدل على اختلاف الحركات بالاسهم
كافي (شكل ٧)

فاذا كان هناك ثلاث دوائر مماسة لبعضها مثل \bar{A} و \bar{B} و \bar{C}
(شكل ٧) بحيث تكون الاولى مديرة للثانية والثانية للثالثة وكان
دوران الثانية مخالفا للاولى ودوران الثالثة مخالفا للثانية فان الثالثة والاولى
يدوران في جهة واحدة واذن يلزم ان يكون هناك ثلاث دوائر مماسة لبعضها
ليتولد عنها في جهة واحدة حركة مستديرة من مركز الى آخر

(بيان السير المحيطة بالدوائر)

اذا اردنا نقل حركة مستديرة الى مرآة كبيرة فاننا عوضا عن ان نستعمل

دوائر كبيرة او تضاعف عددها نأخذ منها دائرتين ونجعل السير محيطيهما وهذا ما يمكن عمله وفيه حالتان الاولى أن يكون بدون تقاطع السيور كما في (شكل ٨) والثانية ان يكون مع تقاطعها كما في (شكل ٩) وتكون هذه السيور ممتدة بحيث يكون جزء \overline{AM} و \overline{CH} غير المماسين للدائرتين على مستقيم واحد ويمكن ادارة كل من هاتين الدائرتين بدون ان يتغير طول جزئي \overline{AM} و \overline{CH} المستديرين واتجاههما وكذلك طول جزئي \overline{MH} و \overline{CH} المستقيمين واتجاههما فعلى هذا اذا كان في مبداء الامر لصوق السير على المحيطات متينا جدا بحيث يتبع السير عند ادارة الدائرة حركة واحدة وينقلها الى الدائرة الاخرى وتنقل هذه الحركة من غير مشقة بطريقة واحدة عند ادارة الدائرة الاولى .

فاذا امتد السير بكثرة الاستعمال او بتغير حرارة الجو او رطوبته لزم استعمال دائرة ثالثة كدائرة \overline{CD} (شكل ١٠) التي اذا ثبت جزء \overline{CH} القائم يجعله بعد ذلك في وضع \overline{CH} و \overline{CH} بحيث يصير موترامع ماله من الامتداد ولاجل ذلك يكفي ان يكون تفاضل الطول بين مستقيم \overline{CH} وجزء \overline{CH} المنكسر مساويا لطول السير وكثيرا ما تستعمل هذه الطريقة في تركيب الآلات

وهناك اختلاف ينبغي الالتفات اليه في نوعي السيور المتقاطعة او غير المتقاطعة عند الانتقال من دائرة الى اخرى وهوان الدائرتين يدوران بواسطة السيور المتقاطعة (شكل ٩) في جهات متضادة مع انهما يدوران بواسطة السيور غير المتقاطعة (شكل ٨ و ١٠) في جهة واحدة وسيأتى في آخر هذه الدروس كثير من العمليات المقررة في شأن حركة الخطوط المستقيمة والدوائر المتلاصقة لاستكمال لوازم الفنون

(بيان حركة دائرة في اخرى)

اذا قطعنا دائرة في سطح مستو فانه يحصل لنا بالنظر للجزء المقطوع محيط محدب وبالنظر لما بقي من المستوى محيط مجوف فاذا ادورنا الدائرة المقطوعة

حول مركزها كانت سائر نقط محيطها الملازمة لبعدها واحد من المركز بمماسة
دائما للنقطة من المحيط المجوف المقطوع في المستوى فاذن يكون المحيط
المحذب عند دورانه مماسا دائما للمحيط المجوف في جميع نقطه
ولا توجد هذه الخاصية الا في شكل الدائرة دون غيره وبالجمله فيوجد في كل
شكل يمكن ادارته حول نقطة ما اجزاء من محيط الشكل البعيد كثيرا او قليلا من
هذه النقطة وهذه الاجزاء التي تكون تارة خارجة من المحيط المجوف المقطوع
على المستوى وتارة لاتصل اليه تتركب منه وبينهما فراغا
وكما اقتضى الحال ان نسمي مسافة مستوي سدا جيدا او كان جزء من هذا المستوى
دائرا على نفسه ينبغي ان نجعل هذا الجزء على شكل الدائرة وهذا هو السبب
في جعل سدادات الخنفيات والقوارير والقماقم على شكل مستدير
(اجراء العملية في العلب البخارية)

نستعمل الخاصية الموجودة في الدائرة استعمالا جيدا في تركيب الآلات
البخارية وهي انما تدور على نفسها بدون ان تنقطع نقطة من نقط دوائرها عن
مس المحيط المجوف المشتمل عليها ونشرح لك هذا الاستعمال عند ذكر
العلب البخارية المستديرة

(تقسيم الدائرة وتطبيقها على قياس الزوايا)

ينبغي لنا معرفة قاعدة ضرورية قبل توضيح هذه القسمة

وهي انه اذا كان قوسا الدائرة اللذان هما أ م ب و د ن ه
(شكل ١١) متساويين فان وترى هذين القوسين وهما أ ب و د ه
يكونان متساويين وكذلك اذا كان وتر أ ب و د ه (شكل ١١)
متساويين ووضعنا الوتر الثاني على الاول فان قوسى أ م ب و د ن ه
ينطبقان على بعضهما ويصيران متساويين فاذن اذا رسمنا في دائرة ما
عدة اوتار متساوية مثل أ ب و ب ث و ث د و د ه
(شكل ١٢) فان الاقواس المطابقة لها تكون متساوية ايضا وبناء على
ذلك نقسم محيط الدائرة الى اجزاء متساوية بقدر ما يمكن رسمه من الاوتار

* (بيان الطرق السهلة التي يمكن استعمالها في تقسيم الدائرة وهي) *

اولا لاجل تقسيم الدائرة الى قسمين متساويين يكفي ان نمد من المركز قطر

أ ب (شكل ١٣)

ثانيا لاجل تقسيمها الى ثلاثة اجزاء متساوية ينبغي ان نقسمها الى ستة

اجزاء ونعتبر كل جزئين منها بمنزلة جزء واحد (شكل ٢٥)

ثالثا لاجل قسمتها الى اربعة اجزاء متساوية يلزم ان نمد قطرا ثانيا كقطر

د ه (شكل ١٣) عمودا على قطر أ ب الاول

رابعا لاجل قسمتها الى خمسة اجزاء متساوية (شكل ١٤) نبسدي

بقسمة المحيط الى عشرة اجزاء متساوية ثم نعتبر كل جزئين منها بمنزلة جزء واحد

كما في الطريقة الثانية

خامسا لاجل قسمتها الى ستة اجزاء متساوية (شكل ١٥) يلزم ان

نجعل نصف قطر الدائرة وتر السك كل جزء

والخط العمودي الممتد من منتصف كل وتر القاسم للقوس المحصور به الى

قسمين متساويين ينشأ عنه طريقة تقسيم محيط الدائرة الى ثمانية اجزاء

متساوية (شكل ١٣) وذلك اذا اعتبرنا القسمة رباعية متساوية

الاجزاء و ينشأ عنه ايضا تقسيم المحيط المذكور الى اثني عشر جزءا

(شكل ١٥) اذا اعتبرنا القسمة سداسية متساوية الاجزاء

والجزء الخامس عشر من المحيط يساوي السدس ناقص العشر

وحيث كان من شأن هذه العمليات البسيطة انها توجد دائما في رسم الآلات

ومحصولات الصناعة وجب على ارباب الحرف التمرن عليها

وبعد ذكر القواعد الصعبة الناشئة عن علم الهندسة ينبغي لنا ان نذكر قاعدة

قريبة من تلك القواعد يمكن استعمالها في كثير من الصور

وحاصلها انه حيث كان نصف قطر الدائرة مساويا ١٠٠٠ كان طول

كل وتر حاصر لجزء من المحيط مساويا للاعداد الموجودة في هذا الجدول بقطع

كشف رموز السر المصون

النظر عن كسور الاحاد	٢٠٠٠٠
وتر نصف المحيط	١٧٢٣٩
وتر ثلثه	١٤١٤٥
وتر ربعه	١١٧٤٦
وتر خسه	١٠٠٠٠
وتر سدسه	٨٦٧٢
وتر سبعة	٧٦٥٤
وتر ثمنه	٦٨٤٠
وتر تسعة	٦١٨٠
وتر عشرة	٥٥٢٤
وتر الجزء الحادى عشر	٥٥٧٦
وتر الجزء الثانى عشر	

وبهذا الجدول الصغير يسهل علينا إيجاد اقتراج البيكار اللازم لقسمة الدائرة الى عدة اجزاء متساوية بقدر ما يراد من ابتداء النصف الى الجزء الثانى عشر

ثم يحصل لنا فوراً بواسطة الطريقة التى ذكرناها آنفاً لاختلاف نصف القوس اقتراج البيكار الذى يطابق

١٤ و ١٦ و ١٨ و ٢٠ و ٢٢ و ٢٤ و ٢٨ الخ اضعف
٧ و ٨ و ٩ و ١٠ و ١١ و ١٢ و ١٤ الخ
وبعد ان ينال الطريقة السهلة لقسمة القوس الى جزئين متساويين بحثامدة
طويلة عن قاعدة هندسية متينة تقسم بها هذا القوس الى ثلاثة اجزاء
متساوية فلم نعثر بها

(بيان استعمال اقواس الدائرة فى قياس الزوايا)

حيث كانت الزوايا قابلة للزيادة والنقصان امكن جعل احداها وحدة المقياس والاستدلال على سائر الزوايا الاخرى بارقام دالة على عدد المرات التى تحتوى عليها

هذه الزاوية واقسامها (راجع الدرس الاول)

وعوضاً عن جعل زاوية أ ب ث (شكل ١٦) وحدة المقياس
استحسن اخذ قوس أ ب الواقع بين ضلعي الزاوية والمرسوم من نقطة
ث المركزية

ومما يسهل علينا مشاهدته اننا اذا رسمنا عدة انصاف اقطار مثل أ ب

و أ ج و أ د و أ هـ على ابعاد بحيث تكون فيها زوايا

أ ب ج و أ ب د و أ ب هـ متساوية امكن وضع هذه

الزوايا على بعضها فاذن تكون اقواس أ ب و أ ج و أ د و أ هـ
المنطبقة انطباقاً كلياً على بعضها متساوية

فاذا اخذنا اثنين او ثلاثة او اربعة من الزوايا المتساوية للاحد لتؤلف منها

زاوية واحدة فانه يلزم ان نأخذ ايضا مرتين او ثلاثا او اربعا القوس المطابق

لاجل تحصيل القوس المظروف في الزاوية الجديدة وبناءً على ذلك يكون هذا

العدد دالاً على عدد مرات احتواء هذه الزاوية الجديدة على وحدة مقياس

الزوايا ويدل ايضا على عدد مرات احتواء القوس المطابق لهذه الزاوية الجديدة

على وحدة مقياس الاقواس

ويمكن بدون تغيير هذه الاعداد ان نأخذ قياس الزوايا او الاقواس على حسب

ما يراد وقد استحسن في ذلك استعمال الاقواس وهالك كيفية العملية

وهي ان تقسم الدائرة الى اربعة اجزاء متساوية فينشأ عنها اربعة ارباع من

المحيط تستعمل قياساً للزوايا الاربعة القائمة التي تشتمل على سائر المسافات

الموجودة حول نقطة ث المركزية

ثم تقسم كل ربع الى تسعين جزءاً متساوية تسمى بالدرجات

فاذن يكون محيط الدائرة محتويًا على ٩٠ اربع مرات او على ٣٦٠

درجة ويظهر ان هذه القسمة غير مستحسنة بالنظر للطريقة الاولى بل لا علاقة

بينها وبين القسمة على ١٠٠ او ١٠٠٠ الخ ومنع ذلك فيترتب عليها

الدرجة الواحدة تساوي	١١١ ١١١	مترا
الدقيقة الواحدة تساوي	١٨٥٢	مترا
الثانية الواحدة تساوي	٣٠٨	امتار
الثالثة الواحدة تساوي	$\frac{1}{4}$ متر وبعض شئ	
الدرجة الواحدة تساوي	١٠٠٠٠٠	متر
الدقيقة الواحدة تساوي	١٠٠٠	متر
الثانية الواحدة تساوي	١٠	امتار
الثالثة الواحدة تساوي	١	دسي مترو
الرابعة الواحدة تساوي	١	ملتر

* (بيان تقسيم الدائرة المستعمل في تركيب الآلات) *

تقسيم محيط الدائرة الى اجزاء متساوية من العمليات الضرورية في كثير من الفنون لاسيما في صناعة الآلات كرسيم الطائرات المضرسة اللازمة للتعشق والاسطوانات المعدة للغزل الميكانيكي كالقطن والكتان والتيل ونحو ذلك وبقدر الاعتناء باجراء هذه العمليات قلّة وكثرة تختلف سهولة الحركات المتولدة من التعشق وصعوبتها فلا بد من الضبط الهندسي لانه لا يمكن مجانبة ضعف القوة ووقوفها وانعدامها الا به حيث ان ذلك كله لا يحدث الا عن عدم انتظام حركة الآلات وعدم صحتها

ومن المهم كون ارباب الصنائع لا يستعملون الطائرات المضرسة والاسطوانات المحوفة بدون ان يعرفوا هل هذه الاضراس والتجويفات تقسم محيط الدائرة الى اجزاء متساوية مشاهدة ام لا ومعرفة ذلك هي التي تكسب صانعي الآلات قوة في طرق صناعاتهم وقد حصل للصناعة الفرنسية

في ذلك وفر عظيم من القوى المنقولة حتى بلغت محصولاتها اقصى الدرجات
بعد ان كانت محتاجة الى اتقان الصناعة

*** (بيان الآلات المعدة لقياس الزوايا) ***

يستعمل لقياس الزوايا عدة من الآلات التي تكون فيها الدائرة منقسمة الى
درجات واجزاء درجات فمنها المنقلة وهي اسمها واكثرها استعمالا
وهي نصف دائرة من النحاس او العاج محيطها مدرج فان كانت من النحاس
كان جزء م $\text{د} \text{ع}$ ث (شكل ١٧) ظاهرا بينا وكان مركز ث
معيناً بقطعة صغيرة وفيها ايضا قطعتان صغيرتان وهما م و ع يبينان
نقطتين اخريين من قطر م ث ع المرسوم على المستوى المنحني اخفا محكما
بواسطة جانب م ث ع من الجزء المستقيم الدال على القطر وان كانت
الا لة المذكورة من العاج فلا تحتاج للقطع المذكورة لان الرسم يظهر من
سمكها وهذا من انوار العظيمة

وتستعمل الآلة المذكورة لاخذ انحراف اي زاوية كانت كزاوية
س و ص ونقله الى وضع اخر

واذا اريد رسم مستقيم مثل س ا ص المار بنقطة ا المفروضة الذي
حدث منه ومن مستقيم هـ ب د المعلوم زاوية مشتملة على عدة درجات
مثل ا ب فائناضع المنقلة بالتوازي جهة نقطة ا بشرط ان يكون
مركز ث دائما على هـ د وكذلك نقطة د الدالة على عدد درجات
زاوية ا ب ث ومتى اتصل خط م ر الذي هو قاعدة المنقلة
الموازية لقطر م د بنقطة ا فان هذا الخط يستعمل مسطرة لرسم
خط س ص المطلوب حيث ان هذه القاعدة سمكها ظاهرا

*** (الغرافومتر) ***

هي آلة عند المساحين مضاهية للمنقلة وموافقة مثلها من نصف محيط
مقسوم الى عدة درجات غير انها اكبر منها وهي موضوعة على رجل لها

ثلاثة فروع وعلى اطراف نصف محيطها المدرج الواح صغيرة من النحاس وفيها انقراج مستقيم عمودي على مستوى الدائرة وبواسطة الانقراجين اللذين يطلق عليهما اسم العيون عند الوقوف خلف احدهما والنظر الى الآخر ندير الغرافومتر الى ان نصير في الاتجاه الصحيح لغرض معلوم والقطر المتحرك حول المركزه ايضا عينان فتديره من النقطة التي اذا نظرنا فيها بواسطة الانقراجين نجد غرضا ثانيا فهذا يظهر لنا قياس الزاوية المؤلفة من خطين مستقيمين مارين بمركز الغرافومتر وبغرضين محدودين كل على حدته ونجد فوق مدرجات الآلة الدرجات التي تفصل القطرين وهذا العدد هو مقدار الزاوية المطلوبة

وهناك آلات اخرى صالحة لقياس الزوايا غير انها ليست الاربع الدائرة المدرجة وهي التي يطلق عليها اسم الآلات المربعة واخرى ليست الاسدسها وهي التي يطلق عليها اسم الآلات المسدسة واخرى ليست الا الثمن وهي التي يطلق عليها اسم الآلات الثمينة وتستعمل جميع هذه الآلات في عمليات علم الجغرافيا اى مساحة الارض وفي عمليات الملاحة لاجل قياس الوضع الخصوصى للجسام الارضية والكواكب عند زكوب البحر ويستعمل لذلك الدوائر الكاملة التي تسمى باسم الدوائر المكررة لانه يكرر فيها الملاحظات بحيث ان الغلطات المتنوعة التي يمكن حصولها في العمليات المختلفة يمكن اصلاح بعضها فيقل مجموعها

وبقطع النظر عن العيوب اللازمة لتركيب هذه الآلات يوجد فيها غلط اصلي من حيث عدم تساوى تقسيمات الدائرة لانه لا يمكن ليد الانسان ان تصل الى هذه التقسيمات كما يتصورها عقل المهندس اعنى مع الصحة الدقيقة بل انه ينقص الغلطات الخفية بان يبحث عن معرفتها بواسطة الآلات التي تجعل الغلطات اليسيرة محسوسة ظاهرة

(بيان الآلات المعدة لتقسيم الدوائر)

قد صنعوا آلات معدة لتقسيم الدوائر مع غاية السرعة والضبط وكيفية

انهم يرسمون على لوح مثلاً كثيراً من الدوائر المتحدة المركز ولاجل الانتقال من الدائرة الصغرى الى الدائرة الكبرى يقسمون بالتوالي الاولى الى ثلاثة اجزاء متساوية والثانية الى اربعة والثالثة الى خمسة والرابعة الى ستة والخامسة الى سبعة وهلم جرا

وينبغي مرئيد التدقيق والاهتمام في القسمة الاولى واختبارها عدة مرات بواسطة احدى القواعد التي ذكرناها آنفا

فاذا فرضنا الآن ان المطلوب تقسيم دائرة اخرى اوجزء دائرة الى اجزاء متساوية فانه ينبغي وضع هذه الدائرة الجديدة على وجه بحيث يكون مركزها على محور واحد مع جميع الدوائر المدرجة (وفي هذه الحالة ينبغي للمعلم ان يرسم الآلة مع مشاهدة الآلة المعدة للتقسيم)

ولا تكون هذه العملية مضبوطة الا اذا كان مركز القطعة المراد تقسيمها بالدرج موضوعا على المركز المشترك بين الدوائر المدرجة قبل ذلك وقد عرف مسيو غنبي الطابع الشهير الفرنسي بواسطة الاستعمال السهل للمتوازيات طريقة تدارك الضرر وتقسيم المحيط الذي ليس متحد المركز مع اللوح المقسوم سابقا مع غاية الضبط

ولنفرض ان أ ب هي القطعة التي يراد عليها رسم قوس الدائرة الذي هو أ ب المنقسم الى درجات موافقة بالكلية لدرجات اللوح وان

مستطيل ش م ن ح خ القائم الزوايا يكون موضوعا على وجه بحيث يكون ضلعاه اللذان هما ش م و ح خ متجهين دائما جهة

مركز ب من قطعة أ ب المراد تقسيمها ولا يكون هذان الضلعان متحركين الا بالتوازي لموضعهما الاملى وحين يدور اللوح بكمية

ككمية ٥٠ درجة فان ضلع و ش يتحول الى و ش ا وضلع ش ب

يتحول الى ش ب وتكون زاوية ا ش ب مساوية ٥٠ درجة لكن في هذا التحويل لا يوجد تغير في اتجاه مستطيل ش م ن ح خ المتحول

لي هذه الحركة ويكون خط $\overline{ح خ}$ دائما على مستقيم واحد مع مركز القوس وهو $\overline{ش}$ فينتج اذن صورتان اولاد $\overline{ال خ}$ يعين على قطعة $\overline{ا ش ب}$ عدة نقط متساوية البعد من نقطة $\overline{ش}$ المركزية اعني قوس الدائرة التي مركزها $\overline{ش}$ ثانيا اذا دار السطح درجة واحدة فان $\overline{ال خ}$ يسير ايضا درجة واحدة على القطعة المراد قسمتها .
 * (الدرس الرابع) *

في بيان الاشكال المتنوعة التي يمكن جعلها لمحضولات الصناعة بواسطة الخط المستقيم والدائرة

قد يوجد في الاشكال المستوية بخطوط مستقيمة اشكال منتظمة وغير منتظمة وبسيطة ومركبة ولنفترض على تعريف الاشكال المستعملة كثيرا عند ارباب الفنون فنقول

لا يمكن ان الخطين المستقيمين المتوازيين او غير المتوازيين يبلان بالكلية مسافة

واقل ما يلزم لتحصيل هذه النتيجة ثلاثة خطوط غير متوازية .
 ويطلق اسم المثلث المستوي على المسطح المملوء بثلاثة خطوط مستقيمة ولا بد ان يميز في كل مثلث كمثلث $\overline{ا ب ش}$ (شكل ١) اضلاعه الثلاثة التي هي $\overline{ا ب}$ و $\overline{ب ش}$ و $\overline{ا ش}$ وزواياه الثلاثة ورؤسها الثلاثة التي هي $\overline{ا}$ و $\overline{ب}$ و $\overline{ش}$.
 وفي زوايا كل مثلث خاصية شهيرة للفنون وهي ان مجموعها يساوي دائما زاويتين قائمتين ايما كان عظم المثلث وشكله

ولاجل البرهنة على ذلك (شكل ٢) نمد ضلع $\overline{ا ب}$ الى $\overline{ب ه}$ ونجعل $\overline{ب د}$ موازيا لخط $\overline{ا ش}$ وحيث كان متوازيا $\overline{ا ش}$ و $\overline{ب د}$ مقطوعين بمستقيبي $\overline{ا ب ه}$ و $\overline{ب ش}$ فنحصل معنا اولاً ان زاوية $\overline{ا ب ش}$ تكون متساوية لزاوية $\overline{د ب ه}$ ثانياً ان زاوية

ا ب ث تكون مساوية لزاوية ث ب د فاذن يكون مجموع
 ا ب ث و ب التي هي زوايا مثلث ا ب ث الثلاثة مساوية
 لمجموع زوايا ا ب ث و ث ب د و د ب ه الثلاثة التي
 تشغل جميع المسافة من جهة مستقيم ا ب ه بمعنى انه يساوي زاويتين
 قائمتين

ومن الآن فصاعدا متى امكن معرفة زاويتين من المثلث امكن معرفة الثالثة
 وبكفي لذلك الجمع والطرح

ولنفرض مثلاً ان مقدار احدى هاتين الزاويتين $\frac{5}{37}$ والاخرى $\frac{5}{49}$
 فاذا اضفنا ٤٩ الى ٣٧ كان مجموعهما ٨٦ درجة فاذا طرحنا
 هذا المجموع من زاويتين قائمتين او من $\frac{5}{18}$ كان الباقي ٩٤ درجة
 فاذن تكون الزاوية الثالثة مساوية ٩٤ درجة

وحيث ان مجموع ثلاث زوايا كل مثلث يساوي زاويتين قائمتين ينبغي ان
 احدى الزوايا تساوي صفراً اعني انها تكون معدومة بالسلكية حتى يصير
 الزاويتان الاخرتان قائمتين فاذن لا يكون المثلث محتوي الا على
 زاوية قائمة

ومن باب اولي لا يكون في مثلث ا ب ث (شكل ١) الا زاوية
 منفرجة كزاوية ا اعني انها اكبر من زاوية قائمة وهذا ما يسمى بالمثلث
 المنفرج الزاوية

ويمكن ان تكون زوايا مثلث ا ب ث الثلاثة حادة (شكل ٢)
 فيطلق عليه اسم مثلث حاد الزوايا

ومثلث ا ب ث قائم الزاوية (شكل ٣) هو الذي يحتوي على زاوية قائمة
 مثل ب ووتر الزاوية القائمة الذي هو ا ب هو الضلع الاكبر المقابل
 لهذه الزاوية

ولنقابل الآن اضلاع المثلث ببعضها فنقول

حيث ان الخط المستقيم هو اقصر بعد يصل بين نقطتين تحصل لنا من ذلك انه في كل مثلث يكون الضلع الواحد اصغر من مجموع الضلعين الاخرين

والضلع الاكبر هو \overline{AT} من ضلعي المثلث اللذين هما \overline{AB} و \overline{AT} هو المقابل للزاوية الكبرى وهي $\angle B$ من هذا المثلث (شكل ١)

ولذا نأخذ $\overline{AB} = \overline{AT}$ و $\overline{AT} = \overline{AT}$ ثم نمد \overline{AB} و \overline{AT} فتكون زوايا \overline{AB} و \overline{AT} و \overline{AT} و \overline{AT}

و \overline{AT} متساوية وزيادة على ذلك تكون زاوية \overline{AB} و \overline{AT} اكبر من زاوية \overline{AB} و زاوية \overline{AT} اصغر من زاوية \overline{AT} و \overline{AT} فاذن تكون زاوية \overline{AT} اكبر من زاوية \overline{AT}

(شكل ٣) المثلث المتساوي الاضلاع هو ما كانت اضلاعه الثلاثة متساوية. كمثلث \overline{AT}

(شكل ٤) المثلث المتساوي الساقين هو ما كان فيه ضلعان متساويان فقط. كمثلث \overline{AT}

فاذا اعتبرنا ضلعي \overline{AT} و \overline{AT} المتساويين (شكل ٤) مائلين بالنسبة لقاعدة \overline{AB} فان عمود \overline{AD} يقع على منتصف هذه القاعدة ويقسم المثلث الى جزئين متساويين ويكون تماثلهما مثبتا لتعريف انتظام المثلث المتساوي الساقين

ولاجل تكميل قوانين التماثل يسقف البناؤون اغلب البيوت والعمارات العامة بسطح جانبه مثلث متساوي الساقين وقد كان هذا المثلث منفرج الزاوية في هياكل اليونان القديمة وفي بيوت ايطاليا (شكل ٥) وحاد الزوايا في مقوف النواقيس والعمارات الغوطية القديمة (شكل ٦)

واذا اريد رفع الاسمال يستعمل لذلك آلة تسمى بالملف اي آلة الجدي (شكل ٧)

وهي مركبة من قطعتي خشب متحدتي الطول ومتصلتين من احد طرفيهما
 في نقطة θ ومنفصلتين من الطرف الاخر بعارضة ab وغير الحبل
 المستعمل لرفع حمل d بيكرة ثابتة في نقطة θ ويكون مثلث $ab\theta$
 المارول عليه بآلة الجدي متماثلا اي متساوي الساقين فاذن يكون العمود
 النازل من نقطة θ على قاعدة ab قاسما لتلك القاعدة الى قسمين
 متساويين

ويحتاج غالباً في القنون الى رسم مثلث يعلم منه بعض اجزاءه وهالك كيفية
 العمل

اولا اذا عرفنا ثلاثة اضلاع يعبر عنها برقم ١ و ٢ و ٣ (شكل ٩)
 فالتأنيد ابرسم خط مستقيم كخط ab مساو لضلع ٣ في الوضع الذي
 ينبغي فيه رسم المثلث ثم نرسم من نقطة a المعتبرة مركزا بواسطة انقراج
 بيكار مساو لضلع ٢ قوس الدائرة الذي هو $m\theta$ ونرسم من نقطة
 b المعتبرة مركزا ايضا بواسطة انقراج بيكار يساوي ضلع ١ قوس
 الدائرة الذي هو $c\theta$ ثم نعد من نقطة θ التي يتقاطع فيها القوسان
 مستقيمي θa و θb فيكون $ab\theta$ هو المثلث
 المطلوب

ثانيا متى علم بضلعان كضلعي ١ و ٢ وزاوية a (شكل ١٠)
 فالتأنيد ابرسم خط ab المساوي لضلع ٢ في وضع لائق ثم نرسم بآلة
 معدة لقياس الزوايا (كالمنقلة والبيكار وغيرهما) خط ac بشرط
 ان تكون زاوية b امث مساوية لزاوية a ونجعل ac
 مساويا a وبالجملة اذا مسددنا مستقيم $b\theta$ خرج المثلث
 المطلوب

ثالثا متى علم ضلع ١ وزاويتا a و b اللتان رأسهما في نهايتي هذا
 الضلع (شكل ١١) لا يرسم المثلث الا بتأنيد رسم خط ab مساويا

١ ثم نرسم على التوالي بواسطة آلة معدة لنقل الزوايا مستقيمي ا ب
و ب ث اللذين يحدث منهما مع خط ا ب زاويتا ا و ب
 فاذن يكون ا ب ث هو المثلث المطلوب
 وحيث كانت هذه العمليات وجيزة بالكلية وجب على المدرسين تكرارها
 في اغلب الاوقات للطلبة بواسطة المسطرة والبيكار
 وقد ذكرنا آنفا لرسم المثلث ثلاث صور اولا بفرض ثلاثة اضلاع معلومة
 ثانيا بفرض ضلعين والزاوية الواقعة بينهما ثالثا بفرض زاويتين والضلع
 المنحصر بين رأسيهما وقد وجدنا هذه المفروضات كافية في كل صورة
 فاذن ينتج اولا انه اذا تساوت اضلاع المثلثين مثني مثني كان هذان المثلثان
 متساويين وهذا هو المثلث المرسوم بواسطة المفروضات في مواضع
 مختلفة

ثانيا. اذا كان ضلعان من اضلاع المثلثين والزاوية الواقعة بينهما متساوية
 في المثلثين المذكورين من كاتا الجهتين كان المثلثان متساويين
 ثالثا اذا كانت زاويتان من زوايا المثلثين والضلع الواقع بينهما متساوية من
 كاتا الجهتين فان المثلثين يكونان متساويين

فاذن (شكل ٨) اذا كان مثلثا ا ب ث و ا ب ث متساويين
 نقول

اذا فرضنا في النتيجة الاولى ان ا ب يساوي ا ب و ب ث يساوي
ب ث و ا ث يساوي ا ث وفي الثانية ان ا ب يساوي ا ب
 و ب ث يساوي ب ث و زاوية ب تساوي زاوية ب وكان
 كل من زاويتي ب و ب منحصر بين ا ب و ب ث و ا ب
 و ب ث وفي الثالثة ان ا ب يساوي ا ب و زاوية ا تساوي
 زاوية ا و زاوية ب تساوي زاوية ب فان ذلك يستلزم ما ياتي

وهو ان ارباب الصنائع يتذكرون دائما هذه الشروط الثلاثة الخاصة بتساوي
المثلثات ويستعمل هذا التساوي بكثرة في عمليات الصناعة وفي براهين الهندسة
والميكانيكة

فاذا فقد احد الشروط الثلاثة التي بمقتضاها يكون المثلثان متساويين لم يمكن
تساوي هذين المثلثين حيث ان في احدهما زاوية او ضلعان متساويان له في
المثلث الاخر ويجب علينا اذا اردنا ممارسة القنون بطريقة واضحة ان نعرف
بإشارات سهلة الشروط اللازمة لكل عملية وبهذه الشروط لا يحصل الغلط
في العملية بل يكون وجوده اريلا على صحة تلك العملية

(بيان الاشكال ذوات الاضلاع الاربعة)

هناك اشكال مثل $ABCD$ (شكل ١٢) مغلوقة غلقا محكما
بواسطة اربعة خطوط مستقيمة لها اربع زوايا واربعة رؤس مثل A و B
و C و D

ويطلق اسم قطري الشكل على خطي AC و BD المستقيمين اللذين
يصلان رؤس الزوايا المتقابلة ببعضها

والاشكال التي لها اربعة اضلاع تختلف في الانتظام

فشيبه منحرف $ABCD$ (شكل ١٣) هو شكل له اربعة اضلاع
اثنان منها متوازيان كضلعي AB و CD

وقد يكون شيبه المنحرف مستطيلا (شكل ١٤) اذا كان الضلع الثالث
الذي هو BC عمودا على ضلعي AB و CD المتوازيين

ويكون شيبه منحرف $ABCD$ (شكل ١٥) متماثلا اذا كان
ضلعا AD و BC غير المتوازيين حائلين على عدسواء بالنسبة
للضلعين الاخرين

ويتركب السطح بالنظر لبعض العبارات المنتظمة من مثلث متساوي

الساقين كمثل $م د ث$ (شكل ١٥) في الجزء الاعلا من هذا
السطح ومن شبيه منحرف متماثل مثل $ا ب ث د$ في الجزء الاسفل منه
وهذا ما يسمى بالفرنساوية مناسب $ا خ د$ من اسم مناسب البناء
المخترع لهذا السطح ويكون منتصب $م ه$ ف خط تماثل المثلث وشبيه
المنحرف المذكورين

ومتوازي الاضلاع (شكل ١٦) هو ما كانت اضلاعه الاربعة متوازية
لبعضها اثنين اثنين

* (بيان اجراء العمليات) *

متوازي الاضلاع هو الذي يستعمل دائماً في الفنون وبكثرة في تركيب
الآلات لتحصيل ما يطلق عليه اسم الحركة المتوازية

وعلى حسب خواص المتوازيات التي ذكرناها في الدرس الثاني تكون زوايا
متوازي الاضلاع المتقابلة اعني زاويتي $ا و ث$ من جهة وزاويتي
 $د و ب$ من جهة اخرى متساوية ويكون اثنان منها حادتين
واثنان منفرجتين وزيادة على ذلك اذا أضفنا زاوية حادة الى زاوية منفرجة
كان مجموعهما مساوياً لزاويتي قائمتين

وبناء على ذلك اذا مددنا الى $ث ه$ (شكل ١٦) ضلع $د ث$ وكان
مستقيماً $ا د و ب ث$ متوازيين فان زاوية $ا د ث$ تكون
متساوية لزاوية $ب ث ه$ وزاويتي $د ث ب و ب ث ه$
يساويان زاويتي قائمتين

وحيث اثبتنا (في الدرس الثاني) ان المتوازيين المنحصرين بين متوازيين
آخرين متساويان ينتج من ذلك ان اضلاع متوازي الاضلاع المتقابلة تكون

متساوية فاذن $ا ب$ يساوي $ث د$ و $ا د$ يساوي $ب ث$
ونقطة $و$ التي يتلاقى فيها قاطرا الشكل موجودة في منتصف كل

منهما

وبيانه ان يقال حيث ان اوت و دوب (شكل ١٦) هما
قطرا الشكل يكون مثلثا ابو و دشو متساويين وذلك
لانه اولا اب = دث * ثانيا زاوية ودث = زاوية
وبأ * ثالثا زاوية وشد = زاوية واب على حسب
خواص المتوازيات فاذن وب = ود و وا = وت
واكبر قطري الشكل اللذين هما اث و بد (شكل ١٧) هو
ما كان مقابلا لزاويتي ب و د الكبريين وهو اث كما سبق
وبيانه اثنا اذا رسمنا خطي دو و شف عمودين على ضلعي اب
و ثد فان هذين العمودين يكونان متساويين ولكن ه ب اصغر
من اف فاذن يكون دب اقصر من مائل اث
ويطلق اسم المعين على متوازي اضلاع ابثد (شكل ١٨) الذي
اضلاعه الاربعة متساوية وهذا الشكل ظريف بسبب انتظامه وهو كثير
الاستعمال في فنون الزينة
فاذا كان ضلعان من متوازي الاضلاع على شكل زاوية قائمة فان اضلاعه
الاربعة تكون كذلك
وبيان ذلك انه اذا كانت زاوية ا (شكل ١٩) قائمة في متوازي
اضلاع ابثد كان ضلع اد عمودا على ضلع اب وكذلك
بث بالنسبة لضلع اب وكانت زاويتي ا و ب قائمتين
وكذلك زاويتي د و ث المساويتان لهما
وفي هذه الحالة يطلق على الشكل اسم المستطيل (شكل ١٩) وهو الذي
يكون فيه ايضا اث و بد اللذان هما قطرا الشكل متساويين

ولاجل البرهنة على ذلك يكفي ان تلاحظ ان مثلثي $\triangle ABC$ و $\triangle ABD$ القائم على الزوايا متساويان * اولا لان زاوية $\angle C$ القائمة تساوي زاوية $\angle D$ القائمة * ثانيا لان ضلع \overline{AD} مشترك بين المثلثين فيكون متساويا بالنظر لكل منهما * ثالثا لان ضلع \overline{AB} مشترك من زاوية $\angle B$ في المثلث الاول يساوي ضلع \overline{AB} من زاوية $\angle A$ في المثلث الثاني فاذن يكون ضلع \overline{AC} الثالث من زاوية $\angle C$ مساويا للضلع \overline{BD} الثالث من زاوية $\angle D$ وحيث ان $\angle A$ و $\angle B$ قطري الشكل

وتكون الاضلاع الاربعة من مربع $\triangle ABC$ (شكل ٢٠) متساوية وكذلك زواياه الاربعة

فاذا اختصرنا خواص الاشكال ذوات الاضلاع الاربعة لزم ان نذكر الكيفيات الآتية التي ينبغي ان تكون راسخة في عقول الصناعاتية وهما:

بيانها .
ففي المربع تكون الزوايا الاربعة متساوية وقائمة وكذلك اضلاعه الاربعة تكون متساوية ويكون قطرها شكله متساويين ايضا وفي المستطيل تكون الزوايا الاربعة متساوية وقائمة ويكون ضلعاه الطويلان متساويين وكذلك ضلعاه القصيران ويكون قطرها شكله متساويين ايضا وفي المعين تكون اضلاعه الاربعة متساوية ويكون فيه زاويتان منفرجتان متساويتين وزاويتان حادتان متساويتين ايضا ويكون قطرها شكله غير متساويين

ويكون في متوازي الاضلاع ضلعان كبيران متساويين وزاويتان كبيرتان متساويتين وضلعان صغيران متساويين وزاويتان صغيرتان متساويتين ويكون قطرها شكله غير متساويين ويكون اكبرهما مقابلا للزاويتين الكبيرتين واصغرهما مقابلا للزاويتين الصغيرتين.

* (بيان تماثل الاشكال ذوات الاضلاع الاربعة) *

اذ اثبتنا جزأ من هذه الاشكال على جزء آخر مساو له فاثبتنا بهن : اولا على ان شبيه المخرف ذا الاضلاع المائلة المتساوية (شكل ١٥) يكون متماثلا بالنسبة لمستقيم هـ المار بمنتصف قاعدتيه وثانيا على ان المستطيل (شكل ١٩) يكون متماثلا بالنسبة لكل خط مستقيم ممتد من منتصف الضلعين المتقابلين وثالثا على ان المعين (شكل ١٨) يكون متماثلا بالنسبة لاحد قطري شكله ورابعا على ان المربع (شكل ٢٠) يكون متماثلا بالنسبة لقطري شكله وبالنسبة لكل خط مستقيم مار بمنتصف اضلاعه المتقابلة ولهذا التماثل الموجود في الاشكال ذوات الاضلاع الاربعة فائدة عظيمة في الفنون والميكانيكة

ومن المعلوم ان مجموع ثلاث زوايا من كل مثلث يساوي زاويتين قائمتين وايضا كل شكل ذي اربعة اضلاع مثل ا ب ث د (شكل ١٢) يمكن تقسيمه الى مثلثين كثنائي ا ب ث و ا ب د اللذين يكون مجموع الزوايا الثلاثة في كل منهما مساويا للزاويتين قائمتين وزيادة على ذلك يكون مجموع الزوايا الستة من هذين المثلثين مساويا لمجموع زوايا شكل ا ب ث د الاربعة فاذن يكون مجموع الزوايا من كل شكل ذي اربعة اضلاع مساويا لاثنتين من الزوايا مضروبتين في مثلها معا عني اربع زوايا قائمة

واذا وجد شكل مخمس مثل ا ب ث د هـ (شكل ٢١) فانه يمكن ان نمد من رأس ا مستقيما ا ث و ا د الى رأس ث و د وبهذا يتقسم الشكل الى ثلاث مثلثات يكون مجموع زواياها التسعة مساويا

لمجموع خمس زوايا من شكل ا ب ث د هـ فاذن يكون مجموع الزوايا من كل شكل مخمس مساويا لثلاث زوايا مضروبة في اثنين اي لست زوايا قائمة

فاذا تتبعنا هذه الطريقة وجدنا مجموع الزوايا بالنظر لكل شكل له من الاضلاع
 ٣ و ٤ و ٥ و ٦ و ٧ و ٨ مساويا لمجموع
 ٢ و ٤ و ٦ و ٨ و ١٠ و ١٢٠ من الزوايا القائمة
 * (بيان ما يتعاقب بالدائرة والاشكال المنتهية بخطوط مستقيمة) *

يمكن مروراى دائرة بروس مثلث $AB\Gamma$ الثلاثة (شكل ٢٢)
 وكيفية ذلك ان نمد من Γ الذى هو منتصف AB خط ΓM وعودا على
 AB ومن Γ الذى هو منتصف $B\Gamma$ خط ΓN وعودا على
 $B\Gamma$ فتكون نقطة O التى يتلاقى فيها هذان العمودان على بعد واحد
 من رؤس A و B و Γ الثلاثة فاذن تكون هذه النقطة مركز
 الدائرة التى تمر بالنقط الثلاثة المذكورة
 وكل مثلث رؤسه الثلاثة موضوعة على محيط الدائرة يسمى مثلثا مرسوما
 فى داخل الدائرة

ومتى كان المثلث قائم الزاوية (شكل ٢٣) اعنى متى كان فيه زاوية قائمة
 كزاوية B فان نقطة O التى هي مركز الدائرة المارة برؤس المثلث
 الثلاثة تكون فى منتصف ضلع AB المقابل للزاوية القائمة وهذا الضلع
 يسمى كما سبق بوتر الزاوية القائمة

وهذه الطريقة يسهل بها الوصول الى ايضاح هذه القاعدة
 وهى انه فى مستطيل $AB\Gamma\Delta$ (شكل ٢٥) يكون قطرا الشكل
 متساويين وكذلك انصافهما المشار اليها بخطوط AO و BO
 و ΓO و ΔO التى يمكن جعلها انصاف اقطار الدائرة فاذن يمكن دائما
 رسم مستطيل فى داخل اى دائرة كانت (شكل ٢٥) وبناء على ذلك يمكن
 ايضا رسم اى مربع داخل دائرة كما فى (شكل ٢٦)
 واذا علم مثلث $AB\Gamma$ القابض الزاوية (شكل ٢٥٠) واذا رسم

مثلث $\overline{ا د ث}$ مساويا له رسمنا مستطيلا في الدائرة التي يكون مركزها في منتصف $\overline{ا ث}$ فاذن يكون قطر الدائرة المارة برؤس $\overline{ا}$ و $\overline{ب}$ و $\overline{ث}$ الثلاثة من مثلث $\overline{ا ب ث}$ القائم الزاوية وهي نقطة $\overline{ب}$ هو ضلع $\overline{ا ب}$ الاكبر من هذا المثلث

وينتج من ذلك انه يمكن ان يكون كل شكل ذي اربعة اضلاع مثل $\overline{ا ب ث د}$ (شكل ٢٤) الذي زاويتاه المتقابلتان وهما $\overline{ب}$ و $\overline{د}$ قائمتان مرسوما في الدائرة التي تمر برؤس هذا الشكل الاربعة

ومن المعلوم ان قطر $\overline{ا ث}$ يقسم هذا الشكل الى مثلثين قائمي الزوايا مرسومين في الدائرة التي قطرها $\overline{ا ث}$

واما الاشكال التي تكون اضلاعها اكثر من اربعة فانها تسمى بانمباء تدل على عدد زواياها و اضلاعها

مثلا للمخمس من الاضلاع والزوايا ٥ وللمسدس ٦ وللمسبع ٧ وللعثم ٨ وهلم جرا

والذي يستحق الذكر من الاشكال التي يطلق عليها اسم كثير الاضلاع (اعني الاشكال التي لها عدة زوايا) هي الاشكال كثيرة الاضلاع المنتظمة لانها كثيرة الاستعمال مع الاهتمام في الصناعة

والاشكال كثيرة الاضلاع المنتظمة هي التي تكون جميع اضلاعها وزواياها متساوية

فعلى هذا التعريف اذا وجدنا نقطة $\overline{ك}$ نقطة $\overline{و}$ على بعد واحد من

$\overline{ا ب و ث}$ التي هي رؤس كثير الاضلاع المنتظم وهو

$\overline{ا ب ث د ه ف}$ نقول انها تكون ايضا على بعد واحد من سائر

الرؤس الاخر فاذن ينتج ان $\overline{ا} = \overline{ب} = \overline{و} = \overline{ث} = \overline{د}$ وهلم جرا

وبيان ذلك ان مثلثي $\triangle AOB$ و $\triangle BOA$ المتساويين السابقين
متساويان حيث ان قاعدتيهما المشار اليهما بخطي \overline{AB} و \overline{BA}
متساويتان وكذلك اضلاعهما المتماثلة المشار اليها بخطوط \overline{OA} و \overline{OB}
و $\angle BOA$ فتكون الزوايا المتماثلة مساوية $\angle BOA$ حيث ان مجموع
الزاويتين المتوسطتين يساوي زاوية $\angle BOA$ ويكون مثلث $\triangle BOA$
متساويا للمثلث $\triangle BOA$ لان ضلع \overline{OB} مشترك بينهما و $\angle BOA$
يساوي $\angle BOA$ كما و اضلاع كثيرة الاضلاع المنتظم لبعضها وزاوية
 $\angle BOA = \angle BOA$ زاوية $\angle BOA$ لان احدي هاتين الزاويتين هي
نصف مجموعهما ويبرهن بمثل ذلك على ان مثلثي $\triangle ODE$ و $\triangle OEF$
وكذلك ما اشبههم ما مساويان للمثلث الاول وبناء عليه يكونان متساويين
السابقين فاذن تكون اضلاعهما المتماثلة التي هي \overline{OA} و \overline{OB}
و $\angle BOA$ متساوية وعلى ذلك تكون نقطة O على بعد واحد من سائر
رؤس الشكل المنتظم فتكون حيزا من مركز الدائرة المارة بجميع هذه
الرؤس

وقد توجد هذه الدائرة متى امكن مرورها بالرؤس الثلاثة المذكورة وهذا
ما يحصل دائما وينتج من ذلك انه يمكن دائما رسم دائرة يرسم داخلها شكل
كثير الاضلاع المنتظم ولو بلغت اضلاعه في الكثرة ما بلغت

وبالعكس اذا كان المعلوم دائرة وامكن ان يرسم في داخلها شكل $\triangle ABC$ كثير
الاضلاع يكون عدد اضلاعه على حسب ما يراد يكفي لذلك ان نقسم محيطها
الى عدة اجزاء متساوية بقدر ما يوجد من الاضلاع في شكل كثير الاضلاع
ونقسم نقط التقسيم الى بعضها بواسطة الخطوط المستقيمة

وقد ذكرنا في الدرس الثالث نسب الطول الحاصلة بين انصاف اقطار الدائرة
وابعاد هذه النقط التي هي في الحقيقة اطوال اضلاع الاشكال كثيرة

الاضلاع وبهذا لا يوجد في ذلك صعوبة

(تطبيق الاشكال كثيرة الاضلاع المنتظمة على الاستحكامات المنتظمة)

يستعمل مهندسو الجهادية الاشكال الكثيرة الاضلاع المنتظمة في رسم استحكاماتهم المنتظمة بشرط ان يكون عدد اضلاع الاشكال كثيرة الاضلاع على حسب المحل المراد تحصينه ولا يستعملون المثلث المتساوي الاضلاع والمربع الا في الاستحكامات السفيرية ويستعملون الخمس والمسدس والمربع في الاحاطة بالاماكن الصغيرة والقلاع ويستعملون ايضا الاشكال التي عددها كثير في الاحاطة بالمدين العظيمة

تطبيق الاشكال المتقدمة على التبايط وتلوين الاحشاش والقزاز والتزويق

الغرض الاصل من المسئلة المستعملة عادة في هذه الاشكال هو كونها ملاء فراغا باشكل منتهية بخطوط مستقيمة ويعلم من ذلك ان هذه المسئلة قابلة لتحليلات عديدة على حسب التركيبات غير المتناهية للخطوط المستقيمة التي يمكن رسمها على اي مستوكان

فاذا اردنا ان تكون جميع الاشكال منتظمة ويكون عدد الاضلاع واحدا صارت المسئلة محدودة كثيرا ولا يمكن حلها الا بالاشكال الاتية وهي
اولا المثلثات المتساوية الاضلاع التي تتصل رؤسها ستة ستة بنقطة واحدة (شكل ٢٧)

ثانيا المربعات التي تتصل رؤسها اربعة اربعة بنقطة واحدة (شكل ٢٩)

ثالثا المسدسات التي تتصل رؤسها ثلاثة ثلاثة بنقطة واحدة (شكل ٢٨)

ولاجل البرهنة على هذه الدعاوى نذكر الجدول الآتي فنقول ان زوايا الشبكل كثير الاضلاع المنتظم الذي له من الاضلاع

٣	و	٤	و	٥	و	٦	و	٧
٥	و	٥	و	٥	و	٥	و	٥
٦٠	و	٩٠	و	١٠٨	و	١٢٠	و	١٢٨ $\frac{٤}{٧}$

يكون قدرها

وزوايا الشكل الذي له من الاضلاع

٨ و ٩ و ١٠ و ١١ و ١٢ يكون قدرها

١٣٥ و ١٤٠ و ١٤٤ و $١٤٧\frac{٣}{١١}$ و ١٥٠

وبناء على ذلك تكون ٦ × ٦٠ و ٤ × ٩٠ و ٣ × ١٢٠

= ٣٦٠

واذا لم يقسم عددا اخر من اعداد الدرجات ٣٦٠ الى عدد صحيح الاجزاء فلا يمكن ملء الفراغ الموجود حول نقطة معلومة بزوايا اخر من زوايا كثير الاضلاع المنتظم وانما غلام بزوايا الاشكال الثلاثية الاضلاع والرباعية والسداسية

تنبية اذا ملئت المسافة التي حول نقطة ما (شكل ٢٧) بستة مثلثات متساوية الاضلاع فانه يتألف من الاضلاع الستة الخارجية سدس منتظم مرسوم داخل دائرة انصاف اقطارها الاضلاع الداخلة وبناء على ذلك تكون اضلاع السدس مساوية لنصف قطر الدائرة المرسوم داخلها وهذا من اعظم الفوائد النافعة في الصناعة

ولا تسوغ لنا كثرة الاشياء التي تتعلق بها آمالنا في هذا الكتاب ان نخبر على وجه التفصيل عدة اشكال منتظمة كثيرة او قليلا نتحدث للفنون عند انضمامها الى بعضها نتائج عظيمة يتولد من مطالعتها ورسمها للتلامذة ملكة وفطنة

واذا اقتضى الحال عمل التزيين او تلوين الابخشاب او التبليط الذي يمشى عليه لزم ان لا تكون نقطة ما محل اجتماع الرؤس العديدة لانه اذا وضعنا على هذه النقطة قدما او جسما ثقيل فانها تقادم مع السهولة وقتها الانضغاط وهذا هو الذي ينشأ عنه فساد صحة الصناعة وصلاتها

وبهذا الاستعمالون في الغالب تركيب المثلثات المتساوية الاضلاع التي تتصل

رؤسها ستة ستة بنقط متحدة

ويجتنب اتصال رؤس المربعات اربعة اربعة بنقطة واحدة
ومتى اردنا تغطية ارضية بالمربعات المتساوية فانه يتم بتنظيم تلك المربعات
او المستطيلات بواسطة الصفوف المستقيمة وباتصال المربعات ببعضها
على صف مقابل المنتصف مربعات الصف الثاني ونستعمل على حسب هذه
القاعدة في تركيب الابنية عادة احجارا منحوتة على مقتضى الصورة المطلوبة
وموضوعة في الوضع المعين في (شكل ٣٠)

وكان الرومانيون في الغالب يجعلون شكل المعين للاحجار والقوالب التي كانوا
يشيدون بها اسوارهم وحكايا يطلقون على نوع هذا الشغل اسم البناء
المرصوص (شكل ٣١) لان منظره يشبه الصف شباتا

ولا استعمال شكل المسدس في تبايط الاماكن منافع كثيرة (شكل ٢٨)
وتتخذ النحل بيوتها على هيئة شكل المسدسات المنتظمة وخاصة هذا
الشكل ان النحل تملأ مسكنها بقدر معلوم من الشمع

وكان القدماء يشيدون ابنيهم المتينة بكتل كبيرة من الاحجار المنحوتة على
هيئة الاشكال كثيرة الاضلاع غير المنتظمة والى الان يوجد كثير من هذه
المباني في بلاد ايطاليا وجزيرة سيسليا وبلاد اليونان كالمباني التي يقال لها
المباني الصقلوية المعينة في (شكل ٣٢)

وفائدة البناء بهذه الطريقة هي ان الكتلة الكبيرة المعدة لرفع الابنية تستعمل
على حالتها الطبيعية بحيث لا يتقص من حجمها الاصلى عند النحت الاشي
قليلا جدا

وفي الرصيف الشهير الذي شيد في الانكليز لوقاية ميناء مدينة بلوموتة من شدة
تلاطم امواج البحر كسوا اعلاه ومنحدره الداخلي من الجزء الاعلى بقطع
غليظة من المرمر معشقة ببعضها ومفصلة كالمباني الصقلوية وبهذا التعشق
لا يمكن ان البحر يدفع كتلة واحدة وانما يجعل كل كتلة من هذه الكتلة مقوية
لصلابة الجميع

(بيان الاشكال المنتهية بخطوط مستقيمة واقواس دائرة)
 اذا تنوعت الاشكال المؤلفة من خطوط مستقيمة امكن انما ان تعرف كثرة
 هذا التنوع الموجود في الاشكال المؤلفة من اجزاء الخط المستقيم
 والدائرة

واسهل الاشكال المؤلفة ما تألف من نصف دائرة وقطرها كشكل الغرافومتر
 والمنقلة المستعملين لنقل الزوايا وكصورة الملاعب عند القدماء وشكل
 المدرجات المعدة للجمعيات العامة والتعليم عند المتأخرين

ويكون الخطيب او المعلم في مركز ث (شكل ٣٣) ويكون الناظرون
 مصطفين على انصاف دوائر متسلسلة البعد ويكون مركزها نقطة ث
 وقطرها أ ب

فاذا رسمنا من نهايتي قطر أ ب (شكل ٣٤) خطين عمودين
 على القطر المذكور فانهما يصيران مماسين في نقطتي أ و ب لنصف
 دائرة أم ب واذا رسمنا ايضا في اي بعد خط ه ف المستقيم
 الموازي لخط أ ب فانا نكمل شكلا مستعملا كثيرا في الفنون وهو شكل
 القباب والابواب المقوصرة وسميت بذلك لان انحناء القوصرة تام من سائر
 الجهات

واذا رسمنا في اصل مستطيل أ ب ه (شكل ٣٥) بواسطة
 نصف قطر أ ب اولا من نقطة أ المعتبرة مركزا قوس ب م
 وثانيا من نقطة ب المعتبرة ايضا مركزا قوس أم فانه يحصل لنا الشكل
 الذي يكون على هيئة القباب التي يطلق عليها اسم القباب الحادة

وينتسب شكل القباب المقوصرة الى المباني اليونانية وكذلك الى المباني
 المتأخرة وينتسب شكل القباب الحادة الى المباني الفوطية ولكل من هذه
 المباني المتقدمة المستعملة باشكال هندسية متنوعة اشكال بعلاجات
 خصوصية تميزها عن بعضها وكل منها جدير بالاعتبار ونعجب ارباب الذوق

السليم ومستحق ان يكون الغرض الاصلى من المطالعة الجيدة نظر النظرافة
اشكالها ومعادلتها لبعضها اولشدة علوها وصلابة تراكيها

فاذا رسمنا في (شكل ٣٤) نصف دائرة على قطر هـ فـ فانه يحصل

معنا محيط ا م ب ف ن هـ الذى يكون سطحه كسطح الميادين التى

اعدها القدماء للمسابقة على الخيل ولهذا سميت ميادين ملاعـب الخيل

وكانت الحدود التى تدور حولها الخيالة موضوعة فى مركزى ث و ش

الذين هما مركزا الاجزاء المستديرة

ويستعمل المتأخرون لتشبيد القناطر والعمارات قبابا مقوصرة مركبة من

عدة اقواس دوائر وهذا هو الذى يطلق عليه اسم القباب المصنوعة على صورة

اذن القفص ويوجد فى (شكل ٣٦) اقواس من الدوائر لها ثلاثة مراكز

مشار اليها بنقط و ح و خ توسيأتى بيان ذلك فى الدرس الرابع

عشر

وهناك نوع من المباني الغوطية او المورسكية يحتوى على صناعة القباب

بواسطة قوسى ب د و غ ف الصغيرين المنحنيين بالكلية

(شكل ٣٧) الموصولين بمستقيمى د هـ و هـ ف اللذين يتألف

منهما زاوية منفرجة

ويلاحظ الانكاز كثير من المباني الغوطية المشيدة على وفق هذا النوع المتقدم

وهى شهيرة بنظرافة شكلها وشدة علوها ككنائس هنرى الثامن المشيدة

فى مدينة وستمنستر وكنائس ترينيتيه المشيدة فى قبريج وكنائس قصر

وندسور

(بيان رسم تفصيل العمارات)

قد ابتدع البناؤون تركيبات بسيطة نفيسة من الدائرة والخط المستقيم لتزيين

العمارات بالشكل المسمى خرائطه ويستعمل قطاع الخشب والنجارون

ونخراطوا لاختساب الرفيعة وصناع الآلات الاشكال المذكورة ويجب عليهم

ان يعرفوها حق المعرفة

واسهل هذه الاشكال هو الشريط المركب من خطين متوازيين قريبين من بعضهما ومتباعدتين من اطرافهما بعمود واحد ويرى في (شكل ٣٨) شريط واحد كـ شريط \overline{AB} ويرى ايضا من نوع هذا الشريط عدة شرائط موضوعة فوق بعضها في (شكل ٣٩) الدال على عمود البناء الدوريق اليوناني المسمى بالشكل المستوي حيث انه يوجد في مدينة بستوم هيكلا محاط باعمدة ظريفة من هذا الشكل

ويضمون عادة الى ما بقى من العمارات شريطا واحدا بواسطة ربع دائرة \overline{B} المماس لاسفل الشريط في نقطة \overline{B} وللضلع المنتصب من الحائط في نقطة \overline{B} ولضلع العمود المربع او العمود الجانبي الذي يراد رسمه

وكذلك يجعلون عادة فوق الشريط نصف دائرة بارزا يطلق عليه بالفرنساوية اسم البودين (شكل ٣٨)

ثم انهم يستعملون دائرة ربع الدائرة المحاذية الذي يطلق عليه اسم ربع دور مثل \overline{AM} دون غيره (شكل ٤٠) ويستعملون دائرة ربع الدائرة المحذوف مثل \overline{AM} (شكل ٤١)

ويتألف الكعب من ربعي الدائرة اللذين هما \overline{AM} و \overline{BN} (شكل ٤٢) اذا كان نصف قطرها واحدا وكان كل من مركزيهما المشار اليهما بحرفي \overline{O} و \overline{H} موضوعا على منتصب واحد

ويتألف كذلك الحافر من ربعي الدائرتين اللذين هما \overline{AM} و \overline{BN} (شكل ٤٣) اذا كان نصف قطرها واحدا وكان كل من مركزيهما المشار اليهما بحرفي \overline{O} و \overline{H} موضوعين على خطافق واحد

وهذه هي المبادئ البسيطة التي يركب بها البناء انواع القوسرات

والافاريز والقواعد والرؤس الموجودة في كل من المباني القديمة والجديدة
ولا ينبغي ان يعتقد ان تركيب هذه الاشكال يتيسر لسكل من اراد بمعنى انه
يمكن عمله بالصدفة والاتفاق او على حسب ما تقتضيه الالهواء الفاسدة
الناشئة عن اختلال العقل بل يلزم ان يكون استكمال فن رسم تفصيل
العمارات واجزاها المتنوعة ناشئا عن مراعاة قوانين التنوع والتباين
وتجنب الزينة في البناء وغوصا عن التوسع في هذه الزينة ونشرها يلزم
تركيبها بجملة بسيطة ليسهل على النظر الا حاطة بها ويلزم ايضا فصل تلك الجملة عن
بعضها بمسافات كبيرة مستوية وينبغي لنا ان نقابل في كل جملة الخراطات
الرفيعة بالخراطات الكبيرة والاشكال المستقيمة بالاشكال المستديرة حتى
نظهر من كل جملة الاشكال المكثفة بها وهذه هي القواعد الاصلية
المستعملة في فن زينة المباني اعني القواعد التي لم يختص باستكشافها اعظم
بناءى اليونان والاطاليين ولا باستعمالها في مبانيهم حيث وجدوها
مستعملة مع الاتقان في المباني الطريقة الموجودة ببلاد مصر القديمة
وفي العمارات الغوطية التي حصلت في القرون الوسطى وفي المساجد
والسرايات التي شيدها العرب ببلاد الاندلس في العصر الذي اظهر وافي به هذه
الايالة العلوم والفنون التي كانت معدومة وقتئذ فيما بقي من بلاد
اوربا

وهناك عملية هندسية اكثر رفعا من النقش الظاهري ومن رسم الزينة الجاني
وهي معرفة مستوى العمارات ورسمه وقد توول جميع الاشكال المستعملة
عند البنائين الى شكل الخط المستقيم والدائرة وهي اندر من الاحوال التي
يحتاجون فيها الى اشكال دقيقة يسمون هذه الاشكال الى اجراء
مستديرة كما سلفنا ذلك في القباب المقصورة

واذا احتاج البنائون الى تشييد عمارة في فراغ متسع جدا وجب عليهم ان
يتخبروا اشكالا منتظمة يسر الناظر كل من ببساطتها واستوائها وتمائلها
ويستدل بها على الفطنة والنظام اللذين يوجبهما تشييد الانسان مبانيه

وعباراته

والمختار من هذه الاشكال عموما هو المستطيل او المربع لانهما ينقسمان مع السهولة الى تقسيمات ثابوية متحدة الضرورة لازمة للتقسيم وليس فيهما عيب سوى انهما لا يطابقان المحيطات المستديرة الداخلية الامع تضيق المسافة وحدوث اركان صغيرة مختلفة الشكل يلزم اخفاؤها عن النظر ومع ذلك لا تخلو هذه الاركان عن فائدة وهي ان يبنى فيها سلام مخفية او مخازن للاشياء التي لا ينبغي اظهارها

ويجبر البناء في المدن التي تكون اراضيها غالية على ان يستخرج منفعة من الاراضي الضيقة ويرسم الاماكن المنتظمة رسمًا جيدًا بقدر الامكان في شكل غير منتظم بالكلية وفي مثل هذه الاماكن تكون عادة تركيب الاشكال الهندسية مع بعضها مستعملة بكثرة عند ارباب الصناعة وبها يجدون اعظم اتركيبات

ومن معلمى البناء من يعتقد انه يجعل تلامذته ماهرين بان يعطيهم صورة عمارات بحيث لو بنيت لسكانت مصاريفها تبلغ ملايين من الاموال ولو اراد الانسان ان يبنى على منوال تلك الصور لما تيسر له ذلك الا في سهول ودمية بمعنى ان ذلك متعذر فلذا ترى هؤلاء المعلمين يعودون تلامذتهم على زخرفة المباني المؤدية الى الاستهزاء والسخرية وعلى مصاريف كثيرة بتعذر حصولها فيما بعد عند الاهالى فمن ثم كان الاولى ان يعودوهم دائماً على انشاء رسم العمارات بشرط ان يتبعوا الاشكال المختلفة الممكن وجودها في داخل المدن التي يوتها متلاصقة وذلك لان الشبان لهم ملكة الابتداع والاختراع
(الدر من الخامس)

(في بيان الاشكال المتسوية والمتماثلة والمتناسبة)

يكون الشكلان متساويين اذا كان احدهما موضوعا على الاخر وكان محيطاهما متحدين بالكلية في جميع امتدادهما

وقد اكتسبت الفنون من علم الهندسة عملة طرق متنوعة لرسم شكل مساو

لاخر وهذه مسألة مهمة جدا وكثيرة الاستعمال في الصناعة
ولذا اذا اقتضى الحال عمل اجسام من النحت او النقش او الزخرفة او غير ذلك
فانه يلزم عمل قوالب وارائيك تكون ابعادها مساوية بالكلية لابعاد
الاجسام المراد عملها

وقد تقدم لنا في الدرس الثاني انه يمكن بطريقة المتوازيات المتحدة في الطول
مع غاية السهولة رسم شكل يكون مساويا لآخر موضوعا على وجه بحيث
تكون الخطوط المتقابلة في الشكلين متوازية

وبواسطة هذه العملية يظهر كثير من الغلط بقدر ما يكون للمتوازيات المراد
رسمها من الطول وبقدر تباعدها عن بعضها وينبغي ان يضاف الى اسباب هذا
الغلط عدم ضبط المساطر والبيكارات والحبال المستعملة في قياس الابعاد
وعدم اتقان البراية الرفيعة كثيرا او قليلا لاقلام الرصاص والریش واقلام
الحد اؤل المستعملة عندهم وهلم جرا

وقد تكون الطريقة التي يستعملها المهندس في صور كثيرة ليتحقق من
تساوي شكلين مستعملة ايضا عند الصانع في رسم شكل مساويا لآخر وان ذكر
الآن الطريقة المعتدة لوضع احدهما بين الشكلين على الآخر وتنظر هل
احدهما يتجاوز الآخر في هذا الوضع بنقطة اولا فنقول

لنرسم شكل ا ب ث د الخ (شكل ١) على امتداد كما متداد م ن ح ح
(شكل ١ مكرر) كقطعة قياس تنشر اولوح معدني او غير ذلك ونضع

شكل ا ب ث د على وجه بحيث يكون موجودا على ا ب ث د

في م ن ح ح (شكل ١ مكرر) ثم نقسم م ن ح ح

على حسب اضلاع ا ب ث د و ا ب ث د فينتج لنا شكل ا ب ث د الخ

المساوي بالضرورة للشكل ا ب ث د الخ

وعوضا عن كوننا نقسم الشكل الثاني بلاولسطة نرسم في الغالب بواسطة
قلم الرصاص او الطباشير او الحبر او غير ذلك محيط ا ب ث د الخ مع مسلازمة

اطراف الشكل الاول ثم تقطع النظر عن الشكل الاول وترسم الشكل الثاني مع السهولة

وهذه هي الطريقة التي يصنع بها الخياطون ونحاتوا الاحجار والنحاسون والسمكرية ومهندسو السفن وغيرهم من ارباب الصنائع شكلا مساويا لارنيك معلوم

(بيان طبع الرسم اى النقل بالفحم)

اذا لم يكن الشكل الاول مقطوعا على السطح الذي يشتمل عليه فلا يمكن استعمال الطريقة التي ذكرناها اتفاقا فان اذا كان الشكل المجمول ارنيكال يبلغ العناية في اللطف فانه يمكن تطبيقه على م م ن ح ح مع غرز سائر النقاط الشهيرة وهي آ و س و ث و د التي تصلها فيما بعد بخطوط مستقيمة وتغرز في بعض الاحيان الخطوط الثمانية التي ينبغي تحصيلها ثم تضرب بخزقة مملوءة من الفحم المسحوق على الارنيك الذي يغطي م م ن ح ح فطبع الشكل الاول (وهذه هي كيفية طبع الرسم بالفحم) وتكون اجزاء الفحم الصغيرة المارة بداخل كل ثقب دالة بكثرتها على سائر محيطات الشكل المراد تحصيله وقد وجد ارباب الصناعة طرقا اخرى لرسم صورة تامة بدون تلف الارنيك

(بيان نقل الرسم)

لاجل عدم ثقب الرسم نضع فرخا من الورق الشفاف على الجسم المراد اخذ صورته وتتبع بقلم الرصاص اوجبا المنقاش او الريشة او غير ذلك المحيطات المراد تحصيلها وهذا هو الذي يطلق عليه اسم نقل الرسم

(بيان تماثل الاشكال)

يكون شكلا آ ش د الخ و آ ش د الخ (شكل ١ مكرر) متماثلين اذا كانت نقطتهما المتقابلتان هي آ و س و ث و د الخ موضوعة على متوازيات يقطع منتصفها عمود م م ن واذا ثبتنا برواز م م ن ح ح على م م ن ح ح فن المعلوم

ان نقطة ا تنطبق على ا و ر على ر الخ بحيث انه اذا امكن
 طبع ا ر س د الخ على م ن ح خ فانه يظهر فيه شكل
ا ر س د الخ المماثل له فاذن يمكن بواسطة المتوازيات والعمود الذي
 يقطعها من منتصفها رسم شكل ا ر س د الخ مماثلا لشكل آخر مثل
ا ر س د

(بيان تحصيل الاشكال المتساوية او المتماثلة بالفتح والطبع والتغرافيا)
 * (اي الطبع بالجبر) وغير ذلك *

الغرض الاصلى من هذه الفنون هو ان نضع على لوح اوسط من الخشب
 او المعدن او الحجر او غيره من سائر اجزاء اشكالا يمكن نقلها بالدقة على
 سطوح آخر وينبغي لنا ان نلاحظ ان الشكل المطبوع يكون منعكسا
 بالنسبة لشكل اللوح لان ما كان على الجهة اليمنى يطبع على الجهة اليسرى
 وبالعكس فاذن يلزم ان يكتب على ظهر اللوح اذا اريد ان الكتابة تكون على
 وضعها الاصلى راجع (شكل ١ مكرر) وهذا هو السبب في نقش حروف
 الطبع بالعكس ووضعها مقلوبة لتكون فوق الورق على صورتها الاصلية
 وتكون متتابعة من الشمال الى اليمين (وهذا على طريقة الفرنساوية
 واما الطريقة العربية فهي بالعكس) فيتحصل حينئذ من الطبع البسيط نسخ
 غير مساوية لاشكال اللوح الا انها متماثلة

* (بيان تحصيل الاشكال المتساوية بالطبع) *

اعلم اننا نقس ونركب ونرسم القوالب التي نطبع بواسطتها على اللوح المستعملة
 فيما بعد لطبع الحروف والموسيقى والرسم وغير ذلك وقد تكون الاشياء
 المطبوعة مارة من الشمال الى اليمين بواسطة الطبع الاول ومن اليمين الى
 الشمال بواسطة الطبع الثانى فاذن تكون الاشياء المطبوعة متحدة ومتساوية
 على القالب الاصلى والنسخ المتحصلة من اللوح المتوسط ونضع بحسب هذه
 القاعدة فى الجهة الاصلية المنقاش المجعول قالباً لصب حروف الطبع وبناء
 على ذلك تكون هذه الحروف منعكسة ويكون الطبع الناشئ عنها فى الجهة

الاصليّة وفي النقش والتغرافيا يرسم ونكتب في الجهة الاصلية على الورق
او على المقوّة المجهزة فتكون هذه الكناية مقلوبة على الجبر ومعتدلة على
الاوراق التي ينشأ عنها التغرافيا

والمطلوب الآن من علم الهندسة طرق جديدة لرسم شكل مساوي الاخر

فلنفرض شكلا كشكل ا ب ث د ه ف غ ا (شكل ١) الموائف

من عدة اضلاع على حسب المطلوب فاذا مددنا من نقطة ا التي هي رأس

كثير الاضلاع المنتظم او غير المنتظم الى سائر الرؤس الاخر خطوطا مستقيمة

فاننا نقسم كثير الاضلاع المذكور الى مثلثات وحيث انه يسهل علينا رسم

مثلث يكون مساويا لآخر مع جعل مثلث ا ب ث مساويا لمثلث

ا ب ث ومثلث ا ب ث مساويا لمثلث ا ب د واد ه مساويا لمثلث ا د ه

وهلم جرا يؤول الامر الى كونه يرسم شكل ا ب ث د ه ف غ ا بتمامه

(شكل ١ مكرر) مساويا للشكل ا ب ث د ه ف غ ا (شكل ١)

ويمكن تحصيل شكل ا ب ث د ه ف غ ا باستعمال بيكار واحد

لقياس طول الاضلاع ومنقلة لقياس الزوايا فنرسم اول اضلع ا ب مساويا

لضلع ا ب واذا وضعنا مركز المنقلة في نقطة ب ومركز القاعدة

القطرية من المنقلة على اتجاه ضلع ا ب استخرجنا مع العروة عدد

درجات زاوية ا ب ث وكهو درجتها ونقل المنقلة الى نقطة ب

على الشكل الجديد المراد رسمه ثم نقل عدد الدرجات التي قسناها آنفا

وتكون م هي النقطة المقابلة لهذا العدد على محيط المنقلة فاذا ينفذ على

الورق نقطة م بواسطة طرف البيكار ورسمنا مستقيما ب م ث مساويا

ب ث نحصل معنا ضلع ثا من الشكل الجديد فاذا نقلنا المنقلة الى

نقطة ث نحصل لنا زاوية ب ث د المتيقولة الى ب ث د

وهكذا الى ما لانهاية واذا كانت العملية مضبوطة ضبطا تاما فان الضلع

الاخير وهو غ ا يصل في جاله راسه الى نقطة ا الاولى ويكون طوله

متساويا بطول غ ١ لكن اذا كان عدد اضلاع \equiv كثير الاضلاع قليلا
فلا يمكن الوصول الى مثل هذه النتيجة ويكون اقل خطأ يحصل في اى زاوية
ظاهرا في جميع الزوايا الاتية حيث ان اتجاه احد الاضلاع يكون ثابتا على
حسب الضلع المتقدم وبالجملة فالخطأ الحاصل في طول اى ضلع يجعل
الشكل كبيرا او صغيرا ينقل سائر اضلاع الشكل كثير الاضلاع بالتوازي
الى الخارج او الداخل

وقد ذكرت هذه القاعدة لايين لك انه يمكن ان يكون كثير من طرق العمل
القوية عرضة للخطأ في العملية ويمكن بواسطة طريقة حسنة ان تكون
العمليات سهلة مضبوطة

ولنجث عن اعظم طريقة نرسم بها شكلا متساويا لآخر

وحاصلها اننا اذا رسمنا بالتوازي مثلثي \overline{AB} و \overline{AC} (شكل ١
مكرر) مع مقابليتهما للمثلثين المتساويين لهما فقط فانه يمكن مع غاية
الصعوبة اجتناب الخطأ الجسيم ولا يخفى ان ما يقع في كل زاوية من الخطأ
الذي يزداد بزيادة عدد الزوايا ينشأ عنه مقدار جسيم من الخطأ فاذن
يمكن ان تكون زاوية \overline{BAC} الكلية مغايرة لزاوية \overline{BAC} تغايرا
حسب ما مع ان زاويتي \overline{BAC} و \overline{BAC} الجزئيتين المظروفتين فيهما
مغايرتان قليلا لزاويتي \overline{BAC} و \overline{BAC} المقابليتين لهمايتين
الزاويتين

وهاهي الطرق التي تؤخذ من علم الهندسة لاثبات هذه المساواة

الطريقة الاولى استعمال المتوازيات وحاصلها ان كل زاويتين يكونان
متساويتين اذا كانت اضلاعهما متوازية

الطريقة الثانية اننا قسنا بالبيكار وجدنا \overline{AB} يساوي \overline{AC} و \overline{AB}
يساوي \overline{AC} و \overline{BC} يساوي \overline{BC}

الطريقة الثالثة ان نمد ضلعي \overline{AB} و \overline{AC} اللذين كل منهما ضلع

ثالث من مثلثي AB و AC ثم تنظر هل نقطة A على بعد واحد من B و C كنقطة A من AC اعني هل عمودا AB و AC النازلان من نقطة A على BC ومن نقطة A على AC مساويان لبعضهما ام لا

وعند انتهاء اثبات تساوي زاويتي ABC و ACB نرسم فيهما خطوط AD و AE و AF لنضع فيهما زوايا جزئية متساوية

بان نجعل طول AD مساويا لطول AE وطول AE مساويا لطول AF و AD و AE و AF فيتحصل مع بناء رسم الشكل الثاني

فثبتت اولاً رسم الجزء الاخير اما بواسطة البيكار وتنظر هل AD يساوي AE و AE يساوي AF او بواسطة الغرافومتر وتنظر ايضاً هل زاوية ABC تساوي زاوية ACB و زاوية ACB تساوي BAF وهلم جرا فاذا ظهر لنا بعض خطأ اعدنا العمليات لتعرف منشأ الخطأ ونصححه

* (بيان قاعدة المربعات) *

يستعمل ارباب الصنائع هذه القاعدة بكثرة لاتحدث شكك مساو لآخر (شكل ٢)

وذالك بان يقسموا في مبدء الامر الشكل الذي يريدون الرسم على نسقه الى طبقات متساوية بواسطة المتوازيات المتجهة الى جهتين عموديتين ويضعوا عمرة على كل جهة من جهات هذه القسمة الاربعة لتسهل معرفتها ويعملون قسمة مشابهة لهذه القسمة على المستوى الذي ينبغي لهم ان يرسموا عليه شكلاً جديداً مساوياً للاول وبعد اجراء القسمة المذكورة يبينون النقط الضرورية التي توجد في كل من هذه المربعات

واذا بحثنا في مبدء الامر لتتحقق من وجود شيء في طبقة AB و AC رأينا

انه لا يوجد شيء في طبقة ١ و ٢ و ١ و ٢ الرأس آ الموجود
 على خط مشار الى كل من طريقه برقم ٤ و ٤ فنجعل على هذا الخط
 انقراج البيكار مساويا لبعده هذه النقطة في ١ و ١ ونضعه على الشكل
 الحديد في ١ و ١ آ فترى ان نقطة ب تكون في مربع ٢ و ٣
 و ٦ و ٧ ونقيس بعد ب بخطوط ٢ و ٢ و ٦ و ٦
 ونقل هذه الابعاد الى الشكل الحديد فيتحصل معنا نقطة د وجميع رؤس
 ش و د و ه وغيرها ونرسم ككثير اضلاع ا ب ش د ه الى ا
 مساويا لكثير اضلاع ا ب ش د ه الى ا

وقد يوجد كما في الطريقة التي ذكرناها آتفا ثلاثة انواع من الخطاء ناشئة
 عن الخطاء الكلى * اولا في توازي او مساواة الخطوط التي تتألف منها
 المربعات * ثانيا في رسم كل خط اما بالنسبة لاستقامته او لسمكه او غير ذلك
 * ثالثا في قياس وضع كل نقطة

وطالما كررت لك انه ينشأ عن استعمال هذه الطرق البسيطة كثير من الخطاء
 وانه يلزم ان يكون عند ارباب الصناعة مهارة عظيمة في العملية واهتمام كلى مع
 التؤدة وجودة الذهن ليتجنبوا هذا الخطاء او يعرفوا منشأه فيصححوه وبهذا
 التصحيح يستدل على تقدم الصناعة وانها بلغت درجة الكمال وبالجملة فلا تعجب
 من كونه يلزم مهني عدة قرون حتى يصل الانسان الى صنع آلة صناعة تامة
 بحيث تكون قواعدها معلومة واشكالها محكمة الحديد الا ان نجاحها
 يكون معاقا على صناعة اجزائها المتنوعة فن ثم كان يعسر على الملل التي
 لم تتقدم في القنون المحتاجة الى الضبط والاتقان ان تصل الى درجة غيرها
 من الملل المتقدمة في القنون المذكورة وذلك لان تقدم هذه الملل يعينها دائما
 على تنقيص الاسباب الموجبة للخطا في العملية * والقضية العلمية المعروفة
 بحق المعرفة والمطابقة على العملية بوجه الصحة هي التي تجعل الملل التي ليست
 في مرتبة واحدة متساوية في المعارف بل وتجعلها فائقة على من يعادلها
 من الملل الاخرى التي سبقها باستكمال محصولات الصناعة وهذا هو الغرض

الاصلي مما ذكرناه في هذا الشان

*** (بيان الاشكال المناسبة) ***

لا يكفي لارباب الصناعة ان يعرفوا مجرد عمل شكل مماثل او مساو لاخر بل هم محتاجون في الغالب لعمل اشكال تشبه شيها تاما اشكالا اخرى غير انهم تكون اكبر او اصغر منها وعلم الهندسة هو الذي تعرف به طريق الوصول الى ذلك بواسطة خواص الخطوط المناسبة والمثلثات المتشابهة

ولنفرض ان مستقيم ا ف (شكل ٣) منقسم الى اجزاء متساوية مثل ا ب و ب ث و ث د و د ه الخ ونفرض ايضا اننا مددنا من كل نقطة من نقاط التقسيم على اى اتجاه من الاتجاهات متوازيات ا ا و ب ب و ث ث و د د و ه ه الخ فتكون هذه المتوازيات متساوية الابعاد وبيان ذلك اننا اذا نزلنا اعمدة ا ا و ب ب و ث ث و د د و ه ه الخ على المتوازيات المذكورة فصنع عدة مثلثات مثل ا ب و ب ث و ث د و د ه و هلم جرا حيث ان زوايا المثلثات المتقابلة متساوية وان كل ضلع منها مساو لاخر اعني ان ضلع ا ب يساوي ب ث وضلع ب ث = ث د = د ه الخ فلذن تكون اعمدة ا ا و ب ب و ث ث و د د و ه ه الخ هي الاضلاع المتقابلة من هذه المثلثات والتي تقيس المسافات الموجودة بين المتوازيات المتوالية مساوية لبعضها

ولنمد الآن خط م د و ع خ في اتجاه مغاير لمستقيم ا ف فنقول حينئذ ان اجزاء م د و د ه و ه و و و ع و ع خ و خ ر تكون مساوية لبعضها

ومن المعلوم اننا اذا نزلنا باعمدة م ا و د ب و ه و و خ ر الخ على

الخطوط المتوازية وكانت هذه الخطوط على بعد واحد من بعضها تحصل معنا
 ان م ١ يساوي ٢ يساوي ٣ الخ وزيادة على ذلك تكون
 اضلاع مثلثات م ١ و ٢ و ٣ و ٤ و ٥ الخ متوازية وبناء
 عليه تكون زواياها متساوية فاذن تكون هي متساوية وبمقتضى ذلك
 تكون اضلاع م ١ و ٢ و ٣ و ٤ و ٥ الخ المتقابلة متساوية

فعلى هذا اذا كان ماثل **أ ف** (شكل ٣) منقسما الى اجزاء متساوية

بواسطة متوازيات **ا ا** و **ب ب** و **ث ث** و **د د** وهلم جرا
 فان هذه المتوازيات تقسم اينما مستقيم م ر الذي يقطعها الى اجزاء
 متساوية

وتستعمل هذه الخاصية لتقسيم مستقيم معلوم الى اجزاء متساوية على
 حسب المطلوب

مثلا اذا فرضنا انه يلزم تقسيم خط **أ ف** (شكل ٤) الى خمسة اجزاء
 متساوية فالتأخذ من نقطة **أ** مستقيما آخر كاستقيم **أ س** في اى اتجاه
 كان ثم نعين بانفرج البيكار تقسيمات **ا** و **٢** و **٣** و **٤** و **٥**
 المساوية لبعضها ونأخذ من نقطة **و** ومن نقطة **ف** خط **ف و**
 ثم نأخذ ايضا من نقط **ا** و **٢** و **٣** و **٤** خطوط **ب ا** و **ف ٢**
 و **د ٣** و **ه ٤** موازية لخط **ف و** فيصير خط **أ ف** منقسما
 الى خمسة اجزاء متساوية حيث ان اجزاء هذا المستقيم الخمسة منحصرة بين
 المتوازيات التي على بعد واحد من بعضها

وهذه الطريقة هي المستعملة عادة في تقسيم المقاييس المستعملة لرسم
 مستويات المباني الملاكية والجهادية والبحرية

ولقصة المقاييس فائدة عظيمة جدا حيث يتوقف عليها صحة الرسوم المستعملة فيها
 هذه المقاييس او فسادها واختلالها فاذا كان بعض اجزاء المقاييس المضبوطة
 قبل العملية فاسدة كانت جميع اجزاء الرسوم التي تعتبر فيها هذه الاجزاء

كلاقيسة فاسدة ايضا و ربما تكرر هذا الخطا غير مرة وتولد عنه خطأ
جسيم

ولاجل الوصول الى تقسيم المقياس فسمي صحيحة ينبغي ان لا تكون تقسيمات

أ و ١ و ٢ و ٣ الخ اصغر من أ ب و ث د
و د ه الخ وينبغي ايضا ان نضع طرفي البيكار مع الضبط على خط أ س
المرسوم في اتجاه ثابت وكذلك ينبغي ان لا تشغل علامة البيكار الامسافة
صغيرة بقدر الامكان بحيث انه لا ينشأ عن امتداده الا خطأ هين و بالجملة فيلزم
عند رسم المتوازيات ان يكون منتصف الخط المرسوم بقلم الرصاص او الحبر
مارامع الدقة بنقطة التقسيم الموافقة وان يكون التوازي على غاية من الصحة
فاذا توفرت هذه الشروط كلها دلت بمفردها على صحة العملية

وقد تصحح بواسطة البيكار قسمة خط أ ب (شكل ٤) بحيث يعرف
هل اجزاء أ ب و ب ث و ث د متساوية على وجه
الدقة أم لا

(بيان التقسيمات الصغيرة للمقاييس المهمة)

يلزم في الغالب تقسيم وحدة مقياس أ م (شكل ٥) الى اجزاء عديدة
بحيث يمكن تعيينها على مستقيم أ م الصغير بطريقة محكمة بينة وفي هذه
الصورة نرسم متوازيات م م و ن ن و و و بمساوية البعد
ونرسم ايضا عمودي م ف و ن و مائل أ ف فتكون النسبة
بين اطوال ب ر و ث د و د ه الخ كنسبة
١ و ٢ و ٣ و ٤ و ٥ وتدل هذه الاطوال على تقسيمات
م أ الى اجزاء متساوية بقدرها يوجد من المسافات المتساوية بين
متوازيات م م و ن ن و و الخ مثلاً إذا كان م أ يدل
على ١ متروكان هنالك عشرة خطوط موازية لخط م أ المذكور
و كانت كلها متساوية البعد فان اجزاء ب ر و ث د و د ه

و ه هـ وهلم جرا تكون في الحقيقة عشر المتراو عشرة او ثلاثة اعشاره
او اربعة اعشاره وهكذا عوضا عن كونه ثقل بواسطة المقاييس المرسومة
طرفي البيكار على خط م ا. تقلا يثقب الخط بسرعة تتقلاهما بحسب تنوع
الاعداد على ن و و و و ح الخ وبذلك تبقى المقاييس زمنا
طويلا وهذا من اعظم القوائد في الرسم

(بيان تصحيح رسم ارنيك آلة او محصول صناعة)

اذا كان المطلوب تصحيح رسم آلة او محصول جار على مقتضى المقياس فاول شيء
يجب عمله هو تصحيح المقياس المستعمل لتحصيل هذا المحصول فان كان هذا
المقياس فاسدا كان الرسم بحسب الظن غير مضبوط وان كان صحيحا تولد عن
الرسم عدة انواع من الخطأ ينبغي البحث عنها

ولنرجع الى تقسيم الخطوط المستقيمة بالخطوط المتوازية فنقول اذا فرضنا
أن خط ا ب (شكل ٣) مقطوع بمتوازيات ا م و ب د
و ف ر التي ليست على بعد واحد فان جزءى ا ب و ب ف
المحصورين بين هذه المتوازيات يكونان غير متساويين وكذلك م د
و ر اللذان هما جزآن مستقيمين م ر المقطوع بهذه المتوازيات

لكن اذا كان ب ف اكبر من ا ب كان م ر اكبرا ايضا من م د
وزيادة على ذلك فيكون د ر مشتملا على طول م د بقدر اشتغال
ب ف على طول ا ب

مثلا اذا كان ب ف يشتمل على ا ب اربع مرات فانه عند رسمه
ب ف الى اربعة اجزاء متساوية مثل ب ث و ث د و د ه
و ه ف الخ ورسم متوازيات ث ا و د ح و ه غ تقسم خط د ر
الى عدة اجزاء مثل د و و و ح و ح غ و غ ر المساوية لخط
م د بقدر ما يوجد من اجزاء ب ث و ث د و د ه و ه ف
المساوية لخط ا ب فاذاً يكون ب ف مشتملا على ا ب

بقدر ما يشتمل $\overline{د ر}$ على $\overline{د م}$

ونين عدد المرات التي يشتملها $\overline{ب ف}$ على $\overline{أ ب}$ و $\overline{د ر}$ على

$\overline{د م}$ بهاتين الطريقتين وهما ان $\overline{ب ف}$ المقسوم على $\overline{أ ب}$

يساوي $\overline{د ر}$ المقسوم على $\overline{د م}$ اعني ان $\frac{\overline{ب ف}}{\overline{أ ب}} = \frac{\overline{د ر}}{\overline{د م}}$ او نسبة

$\overline{ب ف}$ الى $\overline{أ ب}$ كنسبة $\overline{د ر}$ الى $\overline{د م}$ اعني ان $\overline{ب ف}$

$\overline{أ ب} :: \overline{د ر} :: \overline{د م}$

وهذا هو الذي يطلق عليه اسم التناسب الهندسي الذي يشتمل دائماً على

نسبتين متساويتين مثل $\frac{\overline{ب ف}}{\overline{أ ب}} = \frac{\overline{د ر}}{\overline{د م}}$ وحيث تكون النسبة

الهندسية الحاصلة بين كميتين هي قسمة الكمية الاولى على الثانية وعكسها

هي قسمة الكمية الثانية على الاولى

ويشتمل تناسب $\overline{ب ف} :: \overline{أ ب} :: \overline{د ر} :: \overline{د م}$ على اربعة

حدود يطلق على كل من حديها الاول والاخير اسم الطرفين وعلى الحدين

المحصورين بينهما اسم الوسطين

(بيان الخاصية الاملية للتناسب الهندسي)

خاصية التناسب الهندسي هي ان حاصل ضرب الطرفين في بعضهما يساوي

حاصل ضرب الوسطين في بعضهما

ولاجل البرهنة على ذلك يلاحظ في تناسب $\overline{ب ف} :: \overline{أ ب} ::$

$\overline{د ر} :: \overline{د م}$ ان $\frac{\overline{ب ف}}{\overline{أ ب}} = \frac{\overline{د ر}}{\overline{د م}}$ متساويان لاننا اذا ضربنا هاتين

النسبتين معاً في $\overline{أ ب}$ و $\overline{د م}$ فان حاصل ضربيهما يكونان متساويين

ولكن $\overline{ب ف}$ المقسوم على $\overline{أ ب}$ والمضروب في $\overline{د م}$ ثم في $\overline{د م}$

هو باختصار عين ب ف المضروب في م د أي أنه حاصل ضرب
الطرفين في بعضهما وكذلك د ر المقسوم على م د والمضروب في
أ ب ثم في م د هو باختصار عين د ر المضروب في أ ب
أي أنه حاصل ضرب الوسطين في بعضهما فإذاً يكون حاصل ضرب الطرفين
في بعضهما مساويا لحاصل ضرب الوسطين في بعضهما
وتستعمل التناسبات الهندسية كثيرا في علمي الهندسة والحساب
وفي تطبيقهما على علوم آخر كعلم التجارة وعمليات الصناعة وغيرهما
ولذلك ك كيفية دلالة علم الحساب بواسطة الأعداد على التناسبات
الهندسية فنقول

إذا فرضنا أن (شكل ٣) مرسوم بواسطة المقياس أمكننا أن نستدل
على كل من جدود تناسب ب ف : أ ب :: د ر : م د
بعدد المرات التي تشتمل عليها أجزاء الخط المستقيم بالنسبة لوحدة المقياس

مثلا إذا كان ب ف = ٣٠ و أ ب = ٥ و د ر = ٤
و م د = ٤ فإنه يحصل معنا التناسبان المتحدان وهما
ب ف : أ ب :: د ر : م د
٣٠ : ٥ :: ٤ : ٤

وبناء على ذلك يمكن أن يستدل على نسبة الخطوط وتناسباتها بنسب الأعداد
وتناسباتها وبالعكس فإذا قسمنا ٣٠ على ٥ نحصل معنا خارج القسمة
الذي هو مقدار النسبة الأولى وهو ٦ وإذا قسمنا ٤ على ٤ نحصل
معنا أيضا خارج القسمة الثانية وهو ١ ومتى كانت النسبتان متساويتين
وجد بينهما تناسب

وإذا قسمنا ٥ على ٣٠ فإن خارج القسمة يكون سدسا وإذا قسمنا ٤
على ٤ فإن خارج القسمة يكون أيضا سدسا وبناء على ذلك إذا كان

نسبتان متساويتين وعكسناهما فانهما يكونان متساويتين ايضا
فاذن ينتج لنا من نسبة ٣٠ : ٥ :: ٢٤ : ٤ مرة واحدة

$$\frac{30}{5} = \frac{24}{4} \text{ و } \frac{24}{4} = \frac{30}{5}$$

فاذا ضربنا حدى معادلة $\frac{24}{4} = \frac{30}{5}$ في ٢٤ ينتج معنا $\frac{30}{5}$
 $24 \times 4 =$

وحيث ان ٥ و ٢٤ هما الوسطان و ٣٠ و ٤ هما الطرفان
كان احد الطرفين مساويا لحاصل ضرب الوسطين في بعضهما مقسوما على
الطرف الآخر

ويمثل ذلك يبرهن على ان كلامنا من الوسطين يساوى حاصل ضرب الطرفين
في بعضهما مقسوما على الوسط الآخر

فعلى ذلك اذا عرفنا ثلاثة من حدود التناسب الهندسى الاربعة فانه يمكن
معرفة الحد الرابع فورا بواسطة القاعدة التى ذكرناها آنفا وهى قاعدة الثلاثة
وسميت بذلك لانه يعلم منها الحد الرابع بواسطة الحدود الثلاثة

وكثيرا ما تستعمل هذه القاعدة فى حسابات الخزائن والتجارة والصناعة
ويشتمل علم الهندسة على قاعدة الثلاثة المذكورة مثلا اذا عرفنا ثلاثة
خطوط مثل (أ) و (ب) و (ث) (شكل ٦) سهل علينا

ان نعرف بواسطة خطا رابعا كخط د بحيث يحدث (أ) : (ب) :

:: (ث) : (د) فنبدأ بوضع (ث) = ح ر فى طرف

(أ) = وح ونرسم من نهاية و مستقيم وم فى اى اتجاه

كان ومن نقطة و نجعل طول وح = (ب) ونرسم كذلك

ح ح ثم ر ص موازيا ح ح فينتج حينئذ

وح : وح :: ح ر : ح ص

او (أ) : (ب) :: (ث) : (د)

واذا كان الوسطان متساويين فان الطول او العدد الذي يدل عليهما يسمى
وسطا متناسبا بين الطرفين مثلا في تناسب ٢ : ٤ :: ٤ : ٨
يكون ٤ هو الوسط المتناسب بين طرفي ٢ و ٨
واذا كان المعلوم في علم الهندسة طولين فانه يسهل علينا استخراج وسطهما
المتناسب وسنبين لك ذلك عاجلا

* (بيان المثلثات المتشابهة) *

اذا كانت اضلاع مثلثي \overline{AB} و \overline{AR} (شكل ٧) المتقابلة
متوازية فانها تكون متناسبة ويكون المثلثان متشابهين فاذا نتحصل
معنا

$\overline{AB} : \overline{AR} :: \overline{AB} : \overline{AR} :: \overline{BR} : \overline{AR} :: \overline{AR} : \overline{AR}$ ولاجل
البرهنة على ذلك تنقل مثلث \overline{AB} من غير ان يتغير اتجاه اضلاعه
بحيث تقع نقطة \overline{R} على نقطة \overline{A} ثم ند \overline{AR} و \overline{BR} الى ان
يتلاقيا في نقطة \overline{M} فيتحصل معنا $\overline{AR} = \overline{AM}$ و $\overline{BR} = \overline{BM}$
 \overline{BR} حيث انها متوازيات منحصرة بين متوازيات اخرى

وحيث ان \overline{AR} و \overline{BR} و \overline{AM} و \overline{BM} متوازيات ينتج
: $\overline{AB} : \overline{AR} :: \overline{BR} : \overline{AR} = \overline{AR} : \overline{AR}$
و $\overline{AB} : \overline{AR} :: \overline{BR} : \overline{BR} = \overline{BR} : \overline{BR}$
وبناء على ذلك $\overline{AB} : \overline{AR} :: \overline{AR} : \overline{AR}$ و $\overline{BR} : \overline{BR}$

فاذا كان مثلثا \overline{AB} و \overline{AR} (شكل ٨) متحدى الوضع
والصورة بحيث يكون \overline{AB} عمودا على \overline{AR} و \overline{BR} على
 \overline{AR} و \overline{AR} على \overline{AR} فان هذين المثلثين يكونان متشابهين

وبيان ذلك اننا اذا اردنا مثلث $\overline{ا ب ث}$ بدون تغيير شيء منه من زاوية قائمة
حول نقطة $\overline{ا}$ فان $\overline{ا ث}$ يكون موضوعا على $\overline{ا ب}$ في وضع مواز لخط
 $\overline{ا ث}$ وكذلك يحصل في $\overline{ا ب}$ و $\overline{ا ث}$ فاذن تكون اضلاع مثلث
 $\overline{ا ب ث}$ موازية لاضلاع مثلث $\overline{ا ب ث}$ ويكون المثلثان متشابهين
وبناء على ذلك يكون مثلثا $\overline{ا ب ث}$ و $\overline{ا ب ث}$ متشابهين ايضا .

ومتى كانت اضلاع مثلثين متناسبة فان زواياهما المتقابلة تكون متساوية
ويكون المثلثان متشابهين وبيانه اننا اذا فرضنا انه ليس لمثلثي $\overline{ا ب ث}$
و $\overline{ا ب ث}$ (شكل ٧) نسب اخرى غير هذه وهي

$\overline{ا ب} : \overline{ا ب} :: \overline{ا ب} : \overline{ا ب} :: \overline{ا ب} : \overline{ا ب} :: \overline{ا ب} : \overline{ا ب}$
فاننا نفرض مثلثا ثانيا كمثلث $\overline{ا ب ث}$ يكون ضلعه وهو $\overline{ا ب} = \overline{ا ب}$
وزيادة على ذلك تكون اضلاعه الثلاثة موازية لاضلاع $\overline{ا ب}$ و $\overline{ا ب ث}$
و $\overline{ا ب}$ على التناظر وبناء عليه يحصل معنا .

$\overline{ا ب} : \overline{ا ب} :: \overline{ا ب} : \overline{ا ب} :: \overline{ا ب} : \overline{ا ب} :: \overline{ا ب} : \overline{ا ب}$
فاذن يكون $\overline{ا ث} = \frac{\overline{ا ب}}{\overline{ا ب}} \cdot \overline{ا ب} = \overline{ا ب}$ و $\overline{ا ب} = \frac{\overline{ا ب}}{\overline{ا ب}} \cdot \overline{ا ب} = \overline{ا ب}$
 $\overline{ا ب} = \frac{\overline{ا ب}}{\overline{ا ب}} \cdot \overline{ا ب} = \overline{ا ب}$ و $\overline{ا ب} = \frac{\overline{ا ب}}{\overline{ا ب}} \cdot \overline{ا ب} = \overline{ا ب}$

فعلى هذا اذا كان $\overline{ا ب} = \overline{ا ب}$ لزم ان يكون $\overline{ا ث} = \overline{ا ث}$
وان تكون $\overline{ا ب} = \overline{ا ب}$

فاذن تكون اضلاع مثلثي $\overline{ا ب ث}$ و $\overline{ا ب ث}$ الثلاثة متساوية على
التناظر وبناء على ذلك يكونان متساويين فاذن تكون زوايا $\overline{ا ب} = \overline{ا ب}$

$\overline{ا} = \overline{و} = \overline{ر} = \overline{ب} = \overline{ث} = \overline{ث}$
 فيثبت اذا كانت اضلاع المثلثين متناسبة فان زواياهما المقابلة للاضلاع
 متناسبة تكون بخصوص هذا السبب متساوية ويكون المثلثان متشابهين
 ومتى كان ضلعا $\overline{ا ب}$ و $\overline{ب ث}$ من مثلث $\overline{ا ب ث}$ مناسبين
 اضلعي $\overline{ا ر}$ و $\overline{ا ث}$ من مثلث $\overline{ا ر ث}$ وكانت زاوية $\overline{ا} = \overline{ا}$ فان
 هذين المثلثين يكونان متشابهين لاننا اذا وضعنا زاوية $\overline{ا}$ على $\overline{ا}$ فان
 تناسب $\overline{ا ب} : \overline{ا ر} :: \overline{ب ث} : \overline{ا ث}$ يقتضي ان $\overline{ا ب}$
 و $\overline{ا ث}$ يكونان متوازيين وعلى ذلك يكون الاضلاع الثلاثة متوازية
 ففي (شكل ٦) اذا رسمنا من نقطة $و$ مستقيمت $و ح ر$
 و $و ح ص$ و $و ط ع$ الثلاثة المقاطعة لموازي $ح ط خ$
 و $ر ع ض$ تحصل معنا اولا على التوالي بسبب تشابه مثلثي
 $و ح ط$ و $و ر ع$ ان $و ط : و ع :: ح ط : ر ع$
 وثانيا بسبب تشابه مثلثي $و ح ط$ و $و ض ع$ ان $و ط$
 $: و ع :: ح ط : ص ع$
 فاذن يتحصل معنا ان $ح ط : ر ع :: ح ط : ص ع$
 اعني ان $ح ط$ و $خ ط$ و $ر ع$ و $ص ع$ التي هي اجزاء
 المتوازيين المقطوعين بالمستقيمات الثلاثة المرسومة من نقطة واحدة تكون
 متناسبة وعكس هذه القاعدة صحيح ايضا
 ويمكن ان نبرهن الآن على ان الشكلين الكثيري الاضلاع اذا كانت
 اضلاعهما المتقابلة متوازية ومتناسبة يكونان متشابهين

فاذا فرضنا مثلان شكلي $\overline{ا ب ج د ه ز ح ط خ ا}$ و $\overline{ا ر ث د ه ف غ ا}$

(شكل ٩٠). هما اللذان اضلاعهما المتقابلة متناسبة ومتوازية نتج ان

$\overline{AB} : \overline{AR} :: \overline{BS} : \overline{RT} :: \overline{BM} : \overline{AT}$ وتكون الزوايا

المتقابلة المتألفة من خطوط متوازية لثنتين اثنتين متساوية فاذن زاوية

$\angle B = \angle R$ واذا مددنا خطي \overline{AT} و \overline{AS} فكان مثلثا

$\triangle ABS$ و $\triangle ART$ متشابهين حيث ان زاوية $\angle B$ من كل منهما

تساوي زاوية $\angle R$ المحصورة بين ضلعين متساويين فاذن يتحصل \overline{AB}

$\overline{AR} :: \overline{BS} : \overline{RT} :: \overline{AT} : \overline{AS} :: \overline{BM} : \overline{AT}$

واذا مددنا بعد ذلك \overline{AR} و \overline{AS} فان مثلثي $\triangle ASD$ و $\triangle ASB$

يكونان متشابهين ايضا حيث ان $\angle ASB = \angle ASD$ و $\angle S$

$\angle B = \angle D$ وان زاويتي $\angle ASD$ و $\angle ASB$ متساويتان لان

اضلاعهما متوازية فاذن يكون \overline{AD} موازيا \overline{AS}

واذا تمادينا على البرهنة المذكورة فالتقسيم الشكلي الكثيري الاضلاع الى

مثلثات متشابهة

وبناء على ذلك اذا امكن عمل مثلثات متشابهة لمثلثات اخرى امكن بالتدريج رسم

اشكال كثيرة الاضلاع متشابهة لاشكال اخرى اباما كان عدد اضلاعها

*** (بيان بيكار التناسب) ***

بيكار التناسب (شكل ١٠) هو آلة يستعملونها لتسهيل التحويلات

التناسبية وللعمليات المتنوعة وهو مركب من مسطرتين متساويتين

ومدرجتين على حد سواء

فاذا اردنا تحويل ابعاد شكل من الاشكال الى نسبة خط معلوم كنخط \overline{AD}

الى خط آخر معلوم كنخط \overline{FB} فالتساوي جعل على ضلع \overline{AB} طول \overline{AM}

\overline{AH} ونعين عدد التدرج المقابل لنقطة \overline{M} ونجعل نقطة \overline{N} التي

* (بيان الاشكال الكثيرة الاضلاع المنتظمة المتشابهة) *

كل شكلين كثيرى الاضلاع منتظمين متعدين في عدد الاضلاع يكونان متشابهين وبيان ذلك انه حيث كانت اضلاع كل واحد منهما متساوية فبالضرورة تكون متناسبة وتكون زواياهما التي لا تتعلق بالطول بل بعدد الاضلاع من جنس واحد فيهما

ونسبة محيطى كثيرى الاضلاع المتشابهين الى بعضهما كنسبة الاضلاع البسيطة الى بعضها

ومجرد ازدياد اضلاع كثير الاضلاع يكون الشكل مغايرا قليلا لدائرة التي يكون مرسوما فيها فاذن ينبغي ان تكون الدوائر معتبرة كالاشكال المتشابهة اعنى كالاشكال التي تكون خطوطها المتشابهة الوضع متناسبة ونسبة محيطات الدوائر الى بعضها كنسبة انصاف اقطار هذه الدوائر الى بعضها

فاذا رسمنا في دائرتين شكلين كثيرى الاضلاع منتظمين ومتعدين في عدد

الاضلاع مثل $ا ب ث د ه ز ا$ و $ا ب ث د و ف ا$

(شكل ١٢) كانت نسبة الخطوط المتناسبة فيهما هي $ا و ا$ نسبة

انصاف اقطار الدائرتين وثانياً نسبة اضلاع كثيرى الاضلاع وثالثاً

نسبة محيطى كثيرى الاضلاع المذكورين ورابعاً نسبة محيطى هاتين الدائرتين

واذا رسمنا في دائرة (شكل ١٣) قطر $ا و ب$ ثم رسمنا من نقطة ما

كنقطة $ث$ من هذا القطر خط $ث ح$ عمودا على هذا القطر ورسمنا

مستقيمي $ا ح$ و $ب ح$ فابتنا نصنع مثلث $ا ح ب$ القائم

الزاوية وهى $ح$ وحينئذ يكون هذا المثلث القائم الزاوية متشابها

لكل من مثلثي $ا ح ث$ و $ب ح ث$ الجزئين اللذين يركب

منهما

وبيان ذلك ان زاوية $\overline{أ ب ح}$ الحادة مشتركة بين مثلثي $\overline{أ ب ح}$ و $\overline{أ ح ث}$ القائم زاوية والحادة الاخرى مساوية لزاوية قائمة ناقصة زاوية $\overline{أ ح ث}$ فاذن تكون زوايا هذين المثلثين الثلاثة متساوية كل لنظيرتها ويكون هذان المثلثان متشابهين

وكذلك زاوية $\overline{ب ح ث}$ الحادة مشتركة بين مثلثي $\overline{أ ب ح}$ و $\overline{ب ح ث}$ المذكورين فاذن يكون هذان المثلثان متشابهين وبمقتضى ذلك يتحصل معنا التناسبات الآتية وهي

$$\begin{array}{l} \overline{أ ب} : \overline{أ ح} :: \overline{أ ح} : \overline{أ ث} \\ \overline{أ ب} : \overline{ب ح} :: \overline{ب ح} : \overline{ب ث} \\ \overline{أ ب} : \overline{أ ث} :: \overline{أ ح} : \overline{ب ث} \end{array}$$

فاذن يكون $\overline{أ ب}$ اولاً الضلع الصغير الشمالي الذي هو $\overline{أ ح}$ من مثلث $\overline{أ ب ح}$ القائم زاوية وسطاً متناسباً بين وتر الزاوية القائمة الذي هو $\overline{أ ب}$ وجزءه الذي هو $\overline{أ ث}$ وهو الجزء الموجود على يسار عمود $\overline{ح ث}$

ثانياً يكون الضلع الصغير اليمين الذي هو $\overline{ب ح}$ وسطاً متناسباً بين وتر الزاوية الذي هو $\overline{أ ب}$ وجزءه الذي هو جزء $\overline{ب ث}$ وهو الجزء الموجود على يمين العمود المذكور

ثالثاً يكون عمود $\overline{ح ث}$ وسطاً متناسباً بين جزئي وتر الزاوية القائمة اللذين هما $\overline{أ ث}$ و $\overline{ب ث}$

فعلى هذا اذا كان وتر الزاوية القائمة قطر الدائرة وكان $\overline{ح ث}$ نصف

وترعوى على هذا القطر فان $\overline{أ ح}$ و $\overline{ح ب}$ يكونان وترين آخرين
ممتدين من نهاية القطر

وننتج من ذلك ثلاث خواص أولا يكون وتر $\overline{أ ح}$ الموضوع على
الشمال وسطا متناسبا بين قطر $\overline{أ ب}$ وجزءه الذي هو $\overline{أ ث}$ الموضوع
على شمال نصف الوتر العمودي على هذا القطر

ثانياً يكون وتر $\overline{ث ح}$ الموضوع على اليمين وسطا متناسبا بين قطر
 $\overline{أ ب}$ وجزءه الذي هو $\overline{ب ث}$ الموضوع على يمين نصف الوتر العمودي
على هذا القطر ايضا

ثالثا يكون نصف وتر $\overline{ث ح}$ وسطا متناسبا بين جزئي القطر الموضوعين
على شماله ويمينه

وكثيرا ما نستعمل هذه الخواص في تقويم نتائج الآلات وحركاتها

(الدرس السادس)

(في بيان اخذ مسطح الاشكال المستوية المنتهية)

(بخطوط مستقيمة او مستديرة)

اذا اردنا قياس المسطحات المنتهية بخطوط مستقيمة او بخطوط منحنية فالتا
فجعل وحدة المقياس الشكل البسيط الهين الرسم والقسمه وهو المربع الذي
يكون احدا اضلاعه مساويا لوحدة الطول

وينبغي ان تبين أولا كيف يمكن بواسطة هذا المربع قياس مربع اكبر منه
اعني كيف يمكن معرفة عدد مرات احتواء المربع الاكبر على الاصغر
فنقول

انه بقدر مرات احتوا ضلع المربع الا كبر على ضلع المربع الاصغر يمكن ان نحدث في المربع الا كبر طبقات متوازية يكون عرضها الضلع الاصغر وطولها الضلع الا كبر لكن تكون كل طبقة مستقلة على المربع الاصغر بقدر مرات احتوا الضلع الا كبر على الاصغر * مثلاً اذا كان الضلع الا كبر محتوياً على الضلع الاصغر عشر مرات فالتا تقسم المربع الا كبر الى عشر طبقات عرضها الضلع الاصغر وطولها هذا الضلع مكرراً عشر مرات فاذن تكون كل طبقة مساوية لسطح المربع الاصغر مكرراً عشر مرات * وعشر مرات مضروبة في مثلها هي عدد المربعات الصغيرة المظروفة في المربع الا كبر ويستدل بتلك البرهنة على انه اذا جعل ضلع اى مربع وحدة الطول كان هذا المربع مظروفاً في مربع آخر يكون بمقدار ضلعه

$$36 = 6 \times 6$$

$$1 = 1 \times 1$$

$$49 = 7 \times 7$$

$$4 = 2 \times 2$$

$$64 = 8 \times 8$$

$$9 = 3 \times 3$$

$$81 = 9 \times 9$$

$$16 = 4 \times 4$$

$$100 = 10 \times 10$$

$$25 = 5 \times 5$$

فالاعداد التي هي ١ و ٤ و ٩ و ١٦ و ٢٥ و ٣٦ وهلم جرا تسمى تربعات اعداد ١ و ٢ و ٣ و ٤ و ٥ و ٦ الخ لانها تتدل على عدد المربعات التي يكون ضلعها وحدة الطول المظروفة في سطح المربعات التي اضلاعها ١ او ٢ او ٣ او ٤ او غير ذلك والاعداد التي هي ١ و ٤ و ٩ و ١٦ و ٢٥ و ٣٦ الدالة على كمية احاد الطول المظروفة في كل ضلع من المربعات تسمى جزر هذه المربعات

واذا كان المربع الذي يراد قياسه اصغر من الذي جعل وحدة القياس فانه ينبغي تقسيم هذا المربع الاخير الى تقسيمات ثنوية بمعنى ان اضلاعه تقسم الى عشرة اجزاء متساوية وبصنع مائة مربع صغيرة متساوية كل واحد منها

مثلاً إذا فرضنا أن $\triangle ABC$ (شكل ١) و $\triangle DEF$ (شكل ٢)
 هما المربعان المعلومان فالتساوي من مثلثات قائم الزاوية بحيث تكون
 زاويتها القائمة التي هي $\angle C = \angle F$ (شكل ٣) محصورة بين ضلعي
 $AC = DF$ و $BC = EF$ وإذا رسمنا مربعين
 آخرين بواسطة ضلعي AB و DE فنحصل على مربعين
 $\square ABGH$ و $\square DEIK$ فنقول حينئذ إن مربع
 $\square ABGH$ لا يكبر المرسوم على ضلع AB يساوي
 مجموع المربعين المعلومين

وقد بينا في الدرس الثاني انما اذا انزلنا في مثلث قائم الزاوية كمثلث
س ح ز (شكل ٣) من الزاوية القائمة بعمود ص ع على
الضلع الاكبر فانه يتحصل معنا س ع : س ص :: س ص : س ح
: س ز وينتج من ذلك ان س ص مضروبة في س ح
س ح = س ص = س ع × س ز و ز ع : ز ص ::
ز ص : س ز وينتج منه ايضا ان ز ص × ز ص
= ز ص = ز ع × س ز

فأذن يكون $\overline{س ص} + \overline{ز ص}$ أي مجموع مربعي $\overline{س ص}$ و $\overline{ز ص}$ $\overline{س ز}$ مساويا $\overline{س ز ع} + \overline{ز ع}$ أي $\overline{س ز} \times \overline{س ز}$ الذي هو قياس مربع $\overline{س ز}$ فهو وحيث أن يكون المربع الأكبر مساويا لمجموع المربعين الآخرين

وبناء على ذلك يكون المربع المرسوم على الضلع الأكبر في مثلث قائم الزاوية مساويا لمجموع المربعين المرسومين على الضلعين الآخرين

فإذا اردنا عمل مربع مساو لتفاضل مربعين آخرين فالتساوي يصنع مثلثا قائم الزاوية يكون ضلعه الأكبر $\overline{س ز}$ (شكل ٣) وهو ضلع المربع الأكبر ويكون أحد ضلعيه الآخرين $\overline{س هـ}$ وهو ضلع المربع الآخر المعلوم فيكون ضلع $\overline{ص ز}$ الثالث من المثلث القائم الزاوية هو ضلع المربع المطلوب المساوي لتفاضل المربعين الآخرين حيث أنه بإضافته إلى المربع الأصغر يكون مساويا للمربع الأكبر

مثلا إذا لاحظنا أن $٣ \times ٣ = ٩$ وأن $٤ \times ٤ = ١٦$ وأن $٥ \times ٥ = ٢٥$ وأن $٩ + ١٦ = ٢٥$ رأينا أن ٣ و ٤ و ٥ هي اضلاع المثلث القائم الزاوية ويستعمل أرباب الصناعة

في الغالب هذه الخاصية لتنزيل مستقيم $\overline{س ص}$ (شكل ٣) عمودا على مستقيم آخر مثل $\overline{س ص}$ فيقسمون $\overline{س ص}$ إلى ثلاثة أجزاء ثم يأخذون من هذه الأجزاء $\overline{ص ر} = ٤$ و $\overline{س ز} = ٥$ ويتمون

مثلث $\overline{س ص ز}$ الذي يكون فيه $\overline{ص ز}$ هو العمود المطلوب ولننقص الآن سطح الأشكال التي تختلف كثيرا عن شكل المربع فنقول

أن سطح المستطيل يساوي حاصل ضرب القاعدة في الارتفاع ولا ثبات ذلك نقسم $\overline{م ح}$ (شكل ٤) إلى أجزاء مساوية لضلع

أ ب الذي هو من مربع أ ب د ث المجمعول وحدة القياس فإذا
مددنا من نقط التقسيم خطوطا مستقيمة موازية لخط م ن فإنها
تقسم المستطيل الى طبقات طولها م ن وعرضها كعرض المربع
وكل طبقة منها تحتوى على مسطح مربعات أ ب د ث بقدر احتواء
م ن على أ ب وبناء على ذلك اذا عبر عن خط م ن بالاعداد
وكان أ ب هو وحدة القياس فإنه يستدل على عدد مربعات
أ ب د ث الذي يحتوى عليه مستطيل م ن ح ح بقا عدة
م ن مضروبة في ارتفاع م ح .

وقد يلزم في القنون غالبا عمل مربع يكون سطحه مساويا لسطح مستطيل
م ن ح ح وكذلك فصل اطراف ضلعي م ح و م ن (شكل ٥)
بعضها ونرسم على مجموعها المعتبر كالمقطر نصف دائرة ونقيم من نقطة م
عمود م ر على قطر ح ن ونعد هذا العمود الى محيط نصف الدائرة
فبتحصل معنا (بموجب الدرس الخامس)

$$\begin{array}{c} \text{ح م} : \text{م ر} : \text{م ر} : \text{م ن} \\ \text{ح م} = \text{م ن} \times \text{م ر} \end{array}$$

وحينئذ يكون المربع المرسوم على م ر مساويا لمستطيل م ن ح ح
حيث ان قياس سطحهما واحد

وسطح متوازي اضلاع ل م ن ف (شكل ٦) يساوى حاصل
ضرب قاعدته في ارتفاعه

ولانبات ذلك نمد من تقطعي م و ن عمودى م ح و ن ح

على م ن الى ول ح فيكون مثلثا م ح ل و ن ح و

متساويين لان م ح = ن ح (كمتوازيين بين محصورين بين

متوازيين آخرين) ولان الزوايا المتقابلة متساوية ايضا وحيتئذ اذا قايلا

مستطيل م ن ح خ بمتوازي اضلاع م ن و ل رأينا ان هذا

المستطيل يساوي متوازي الاضلاع بزيادة مثلث ل م ح ونقص

مثلث ن و ح وبناء على ذلك يكون سطح متوازي الاضلاع كسطح

المستطيل مقياسا بم اصل ضرب قاعدته وهي م ن في ارتفاعه وهو

ح ن

وقد بين لنا ترتيب ضرب الارقام الالية سطح المستطيل او متوازي

الاضلاع الذي يعبر عن ضلعيه بالاعداد التي لا تتجاوز عشرة وهالك الارقام

المذكورة

١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١
٢٠	١٨	١٦	١٤	١٢	١٠	٨	٦	٤	٢
٣٠	٢٧	٢٤	٢١	١٨	١٥	١٢	٩	٦	٣
٤٠	٣٦	٣٢	٢٨	٢٤	٢٠	١٦	١٢	٨	٤
٥٠	٤٥	٤٠	٣٥	٣٠	٢٥	٢٠	١٥	١٠	٥
٦٠	٥٤	٤٨	٤٢	٣٦	٣٠	٢٤	١٨	١٢	٦
٧٠	٦٣	٥٦	٤٩	٤٢	٣٥	٢٨	٢١	١٤	٧
٨٠	٧٢	٦٤	٥٦	٤٨	٤٠	٣٢	٢٤	١٦	٨
٩٠	٨١	٧٢	٦٣	٥٤	٤٥	٣٦	٢٧	١٨	٩
١٠٠	٩٠	٨٠	٧٠	٦٠	٥٠	٤٠	٣٠	٢٠	١٠

فالسطر الثاني دال على سطح المستطيلات او على متوازيات الاضلاع

التي تكون ارتفاعاتها مساوية لعدد ٢ وقواعدها مساوية لعدد

١ و ٢ و ٣ و ٤ الخ والسطر الثالث دال على سطح المستطيلات

او على متوازيات الاضلاع التي تكون ارتفاعاتها مساوية لعدد ٣

وقواعدها مساوية لعدد ١ و ٢ و ٣ و ٤ وهلم جرا وينبغي ان

يكون

يكون عند ارباب الصناعة جدول كهذا الجدول معلق في ورشهم ومصانعهم
ويجب عليهم حفظه في اذهانهم حيث ان هذه المعرفة لازمة لعمل ادنى
ضرب

ومسطح كل مثلث مثل $\triangle ABC$ (شكل ٧) يساوى نصف حاصل
ضرب قاعدته في ارتفاعه

وبيان ذلك اننا اذا رسمنا خط AD موازيا لخط BC وخط AD
موازيا لخط BC فان المثلث الجديد الذي هو $\triangle ACD$ يكون
مساويا للمثلث الاول الذي هو $\triangle ABC$ الا انه يتألف من
 $\triangle ABC$ متوازي الاضلاع الذي يكون سطحه مساويا لخط BC
الذي هو قاعدة مثلث $\triangle ABC$ مضروبة في ارتفاعه وهو AD
فاذن يكون نصف هذا الحاصل مساويا لسطح المثلث

وحيث انه يمكن دائما تقسيم اى شكل منته بخطوط مستقيمة الى مثلثات
فانه يتحصل معنا فورامساحة مسطح كل شكل كثير الاضلاع منتظما كان
او غير منتظم وحيث كانت مساحة كل مثلث مساوية لنصف حاصل ضرب
قاعدته في ارتفاعه نشأ عن مجموع حواصل الضرب مساحة السطح المطلوب
وهذه العملية هي احدى العمليات التي تجعل معرفة المثلثات مهمة جدا
في علم الهندسة خصوصا في اخذ مساحة الاراضى ولنبتداء الان هذه العملية
في مساحة شبيهه المنحرف فنقول

سطح شبيهه المنحرف يساوى نصف مجموع قاعدتيه مضروبا في ارتفاعه

وذلك ان شبيهه منحرف $ABCD$ (شكل ٨) الذي ارتفاعه

h ينقسم بخط EF الذي هو قطر الشكل الى مثلثي $\triangle AEF$ و

$\triangle BCF$ اللذين مساحة أحدهما $\frac{1}{2} AB \times h$ والثاني

$\frac{1}{4}$ د ث \times م \div فيكون مجموع هذين الحاصلين نصف $\overline{أ ب}$
 + $\overline{ث د}$ مضروباً في م \div وهذا كيفية وضعها $\frac{1}{4}$
 (أ ب + ث د) م \div

فإذا قمنا بمعاينة الحاصل وجدنا على الفور مربعاً مكافئاً للشبه
 المنحرف بأن تقيس أ ب + ث د (شكل ٢٨) الذي يستدل
 عليه بخط م ن المنفرد (شكل ٥) ونجعل م ح $= \frac{1}{4}$
 م ونرسم نصف دائرة ح ر ن فيصير عمود م ر هو ضلع
 المربع المطلوب
 وسطح كثيراً الاضلاع المنتظم يساوي نصف محيطه مضروباً في بعد مركزه
 عن أحد اضلاعه

وبيانه أننا إذا مددنا من نقطة و التي هي مركز كثير اضلاع أ ب ث د
 الخ إلى الرؤس الأخر (شكل ٩) خطوطاً مستقيمة فأنها تقسم هذا
 الشكل إلى مثلثات متساوية مثل أ و ب و ب و ث و ث و د
 وهم جراً فإذا كان و م هو بعد المركز عن كل ضلع وكان عين ارتفاع هذه
 المثلثات كان قياس كل مثلث منها $\frac{1}{4}$ أ ب \times و م و قياس المسطح
 الكلي $\frac{1}{4}$ (أ ب + ب ث + ث د) و م جراً و م أو
 $\frac{1}{4}$ (أ ب ث د الخ) و م

وكثيراً الاضلاع المنتظم يغير الدائرة التي يكون مرسوماً في داخلها تغييراً
 أقل من ازدياد عدد اضلاعه فإذا ضاعفنا عدد الاضلاع على قدر الكفاية كان
 الفرق أقل من كل كمية مفروضة فاذن يمكن اعتبار الدائرة كشكل كثير
 الاضلاع له من الاضلاع الصغيرة عدد جسيم بحيث لا يكون عمود و م

مغاير ابكمية معلومة لنصف قطر $و أ$ واذن يثبت المطلوب
وبناء عليه يكون سطح الدائرة مساويا لمحيطها مضروبا في ربع قطرها ونصف
محيطها مضروبا في نصف قطرها

* (بيان استحالة تربيع الدائرة) *

يسهل علينا بواسطة الحل المبين في (شكل ٥) اخذات مربع يكون
سطحه مساويا لسطح دائرة معلومة اذا امكن اخذات خط مستقيم طوله
مساو مع الضبط لمحيط الدائرة التي يكون نصف قطرها معلوما الا انه يمكن
تحصيل قياس اي خط مستقيم مع الضبط فكل ذلك اخذات مربع مكافئ
للدائرة (وهذا هو المسمى بتربيع الدائرة) وهذه المسئلة من جملة المسائل التي
يستحيل حلها مع الضبط وينبغي ان لا يصرف التلامذة زمانهم واذهانهم
في الامور التي لا ينجحون فيها

ويمكن ان نبين بالاعداد المقدار المقارب لمحيط الدائرة وسطحها بان نشير الى
القطر بعدد

١٠٠ و ١٠٠٠ و ١٠٠٠٠ و ١٠٠٠٠٠ و هلم جرا والى
المحيط بعدد

٦٢٨ و ٦٢٨٣ و ٦٢٨٣١ و ٦٢٨٣١٣ والى السطح بعدد
٣١٤ و ٣١٤١ و ٣١٤١٥ و ٣١٤١٥٦ الخ

واذا اكتفينا عن سطح الدائرة الكلي بسطح قطاع الدائرة وهو $ا و ب$
(شكل ٩) الذي يكون قوسه نصف المحيط او ثلثه او ربعه الخ رأينا ان
هذا القطاع يكون ايضا نصف سطح الدائرة او ثلثه او ربعه وهلم جرا ويكني
لتحصيل قياسه ضرب ربع القطر في طول قوس $ا و ب$ المحصور بين
ضلعي $و ا و ب$ فاذا طرحنا من هذا الحاصل حاصل ضرب
 $ا ب \times و م =$ لسطح مثلث $و ا ب$ فانه يتحصل معنا
سطح قطعة الدائرة وهي $ا و ب$

(بيان مماثلة سطح الاشكال المتشابهة لبعضها)

اولاً نذكر مماثلة المثلثات لبعضها فتقول

نسبة سطح كل مثلثين متشابهين تساوي نسبة تربع خطين من الخطوط المتقابلة او المتناظرة مثلاً اذا فرضنا ان مثلثي اوب و اوس (شكل ١١) اللذين قاعدتهما تساوي نصف ارتفاعهما فان احدهم ربعي

ا ب ث د و ا ب ث هـ المرسوم على قاعدتهما المعتبرة ضلعاً يكون مساوياً لهما في السطح فاذا نقصت الارتفاعات او زادت بالتناسب وكانت القاعدة باقية على حالها حدث مثلثات متشابهة كمثلثي س ا ب

و س ا ب اللذين ينقص سطحهما ويريد في نسبة واحدة عند ما تكون قاعدتهما واحدة وبناء على ذلك اذا كانت نسبة السطوح مدلولاً عليهما من

مبدء الامر ربعي القواعد اللذين هما ا ب ث د و ا ب ث هـ فان هذه النسب تكون على حالة واحدة في جميع الاحوال

ويمكن تقسيم سائر الاشكال المتشابهة الى عدد واحد من المثلثات المتشابهة التي تكون نسبتها لبعضها كنسبة مربعي خطين متقابلين فان ثبت المطلوب

ونسبة سطوح الاشكال المتشابهة (المنتهية بخطوط مستقيمة) الى بعضها كنسبة المربعات المرسومة على خطين متقابلين متناظرين الى بعضها

فلذا اذا كان كثير الاضلاع اللذان هما ا ب ث د هـ ف ا

و ا ب ث د هـ ف ا (شكل ١٢) متشابهين فان نسبة سطوحهما

تكون كنسبة مربعي ا ب م ن و ا ب م هـ المرسومين على ضلعي ا ب و ا ب المتقابلين

وكذلك يبرهن على ان سطوح الدوائر التي هي اشكال متشابهة تكون مناسبة للمربعات المرسومة على انصاف اقطارها او على اقطارها المعتبرة كالاضلاع

واستعمال هذه التناسبات سهل في الغالب وذلك لان سطح الدائرة التي نصف

قطرها يساوي الوحدة لا يمكن التعبير عنه ولو على وجه التقريب إذا اردنا ضبطه ضبطا واهيا إلا بأعداد مبهمه غير انه يمكن معرفة نسب السطوح في العادة مع السهولة التامة

ولندكرهنا خاصيتين عظيمتين في شأن سطح الاشكال **ك** كثيرة الاضلاع المنتظمة والدوائر بدون ذكر برهنتهما لان هذه البرهنة مبنية على قواعد علمية متينة جدا فنقول

احدهما ان جميع الاشكال الكثيرة الاضلاع المتساوية في المحيط وعدد الاضلاع اكبرها مسطحا هو **ك** كثير الاضلاع المنتظم الثانية انه عند تساوي محيطات الاشكال كثيرة الاضلاع المنتظمة يكون اكبرها مسطحا والذي يكون عدد اضلاعه اكثر فحينئذ يكون لجميع الاشكال المركبة من الاضلاع المستقيمة او المنحنية مسطح اقل من سطح الدائرة

***** (بيان اجراء العملية) *****

لابد من معرفة الخاصيتين المذكورتين في تنظيم عدة من الفنون فكمية الرصاص التي ينبغي استعمالها في تركيب الزجاج القديم ذي المسافة المحدودة تكون قليلة جدا إذا كان عدد اضلاع الزجاج معلوما كانت اشكالها منتظمة

وكذلك اذا اقتضى الحال عمل مجار للمياه او للغاز او غيرهما ولزم لهذه المجارى ان تفتح طرقا يقابل مقدار معلوم من السائل فان كمية الخشب او المعدن المستعملة لهذه المجارى **تكون** قليلة جدا اذا كانت تلك المجارى مستديرة

واذا كان المطلوب في فن المباني ارتفاع العمارة ومحيطها وكذلك امتداد اسوارها الخارجية فان المسافة التي يمكن احاطتها بكمية واحدة من البناء تكون كبيرة جدا كلما قرب شكل العمارة من شكل كثير الاضلاع المنتظم او من كثير الاضلاع الذي يكون عدد اضلاعه كثيرا

ولتشكك الآن على السطح غير المنتهي من المستوى الذي رسمنا عليه الاشكال
المتنوعة التي ذكرنا قياسها آنفا فنقول متى كانت نقطتان من المستقيم على
المستوى فانه يكون موجودا بتمامه على هذا المستوى وتستعمل هذه
الخاصية في القنون لرسم سطوح مستوية وقطع مسافات مستوية ايضا
(بيان اجراء العملية في صناعة الصيني)

اذا اردنا كما في فن صناعة الصيني ان نحدد قطعة من الارض ونجعلها على
صورة سطح مستو فالتأنيض شاخصين متوازيين او بربوازا مستويا مثل
مرن ح ح ح (شكل ١٣) ثم نتقدم مع التوازي بواسطة مسطرة
ض ط القائمة المستندة على شاخصي مرن و ح ح ح ونفصل
او ننحصر جميع الارض البارزة فوق المستوى الماتر بشاخصي مرن
و ح ح ح ولا يلزم ان يكون بربواز مرن ح ح ح مركبا من
مستقيمتين متوازيتين مثل مرن و ح ح ح و مرن و ن ح ح
وانما يكفي تلاقى هذه المستقيمتين اثنتين اثنتين اذا اريد امتدادها
(بيان اجراء العملية في قطع الاوتاد)

للمناشير المعدة لقطع الاوتاد على موجب مستواقي معلوم الانخفاض تحت
للماء حركة منتظمة بشاخصي مرن و ح ح ح (شكل ١٣)
الذين هما على بعد واحد من المستوى الافقي الذي تقطع عليه رؤس الاوتاد
ويكون منشار ض ط خطا مستقيما معترضا مد لولا عليه بخط
ص ن ط الموازي له وحيث كان هذا الخط الموازي على بعد واحد من
المنشار وكان مشدودا بربواز ض ط ض ط القائم ومستندا على
شاخصي مرن و ح ح ح فان المنشار يرسم مستويا مثل
م ح ح ح موازيا لربواز مرن ح ح ح

ولا جل ان يعمد النجار لوحا من الخشب ويصله ويساويه يستعمل التي تسمى
القارة ويبدأ بصب اطراف هذا اللوح اعني انه يصيرها مستقيمة بواسطة

القارية التي خشبها مستقيم وحديد هاريزيل بجميع ما هو بارز على هذا اللوح
ليحصل الاتحاد بين اللوح المذكور وخشب القارية ثم يمسح بهذه الآلة مع المرور
من الجهة المنتصبة الى الاخرى لرسم جملة من الخطوط المستقيمة المتوسطة
المارة بخطوط الاطراف .

ثم ان نشار الطول والنجار يعينان فوق الخشبة التي يريد اصلاح مجهة منها
وكذلك تحتها رسم المستوى المراد عمله ثم يوجه النشار منشاره والنجار قاده
على هذين الراسين

والى الان لم نعتبر الا مستويا واحدا وخطوطا من سومة عليه فلنقابل بالتوالي
المستوى مع الخطوط التي لا تكون كلها مظهر فية وتقابل ايضا عدة
مستويات ببعضها فنقول انه يمكن ان يكون الخط المستقيم عمودا او مائلا على
مستوى معلوم او موازيا له

فاذا فرضنا ان **أ ب** (شكل ١٤) هو الخط القصير الذي يمكن مده من
نقطة **أ** على مستوى **م ن ح** فبناء على ذلك يكون ذلك الخط
اقصر خط يمكن مده من نقطة **أ** المذكورة على اى خط مستقيم مرسوم
في المستوى فاذن يكون هذا الخط عمودا على مستقيمي **ب ه**
و **ب ف** المرسومين على المستوى من موقع **ب** من هذا العمود
فيقال حينئذ ان مستقيمي **أ ب** هو العمود على مستوى

م ن ح

وبناء على ذلك يكون اولا العمود الممتد من اى نقطة على اى مستوكان هو
اقصر بعد بين النقطة والمستوى وثانيا يكون عمودا على سائر الخطوط
المرسومة من موقعه في المستوى المذكور .

وبالجملة اذا اخذنا مسطرة مثلثة لتديرها على احد ضلعي زاويتها القائمة
فان الضلع الاخير يرسم بالضرورة مستويا .

ويستعملون هذه الخاصية الهندسية الاخيرة في تركيب الآلات المأخوذة
من علم النظر لعلى الهيئة والملاحضات وغيرها

وحيث كان أ ب (شكل ١٤) عمودا على مستوى م ن ح ح
 فان كل خط مثل أ د أو أ ه ممتد من نقطة أ على أحد خطوط
د ب ف المرسوم على المستوى يكون ما تلا بالنظر للخط والمستوى
 وعلى ذلك يكون كل ماثل من مائل أ د و أ ه بالنظر للسطح والخط
 المستقيم أطول من عمود أ ب وكلما تباعدت عن كبر طوليهما
 وإذا فرضنا اتنا مددنا من نقطة أ سائر الخطوط المائلة التي يمكن مدها
 على مستقيم د ب ف المرسوم على المستوى والمائل بموقع ب من
 العمود فان كل نقطة مثل د و ه وغيرهما من مستقيم
د ب ف ترسم دائرة في مستوى م ن ح ح ونصير نقط
 كل دائرة على بعد واحد من نقطة أ التي هي من العمود المذكور
 ويطلق اسم محور الدائرة على العمود النازل على مستوى هذه الدائرة الممتد
 من المركز فاذن يكون هذا المحور عمودا على سائر انصاف اقطار تلك
 الدائرة

وقد يكون محور العجلة عمودا على مستويها وبناء على ذلك اذا دارت هذه
 العجلة على محورها فان كلا من نقطتها يتحرك بدون ان يترك هذا المستوى
 وعلى هذا لا يتغير موضع العجلة بالنسبة للأشياء المكتتة بها وانما تأخذ نقطتها
 المتنوعة مواضع بعضها

وقد يتوا على هذه القاعدة الهندسية حركة اجار الطاحون فجعلوا حجرين على
 محور واحد فصارت اوجههما المستوية عمودية على هذا المحور فكانت بذلك
 موازية لبعضها وكان احد هذين الحجرين يملك ثابتا بخلاف الآخر فانه يكون
 متحركا على هذا المحور الا ان العجلة المتحركة حين تدور بحيث يكون وجهها
 المستوى الاسفل يدور معها وتكون حركته على نفسه تمكث دائما على بعد
 واحد من الوجه المستوى الاعلى للعجلة الثابتة فعلى ذلك اذا كان بعد هذه
 العجلات منتظما بحيث لا يمكن لحبوب البراءرور بين الحجرين من غير ان تطحن

فان الطعن حينئذ يعم سائر النقط الموجودة بين الحجرين
وفي ذلك فائدة عظيمة ويلزم من يد الضبط في اجراء عملية الالات فاذا كان
توازي العجلات غير تام وكان عمود الحجر المنحرف غير عمودي على مستوى هذه
العجلات بل كان له ميل قليل عند تحريك ذات اليمين وذات الشمال فان مستوى
الحجرين لا يمكن ان دائم على بعد واحد في جميع هذه الضور واذا تقاربت
الاجزاء تقارب باكياسا من بعضها وبلغ الطعن الغاية في الشدة ترتب على ذلك
مخونة الجيوب وتلفهم بخلاف ما اذا لم تتقارب الاجزاء قربا مناسبا فانه يتعذر
طعن الحب ويكون دوران العجلات خاليا عن الفائدة فمراعاة الضبط في هذا
الشان اولى من مراعاة الزينة والزخرفة واتباع ما تسوقه النفس في ذلك
من الامور فهذا الشرط لا بد منه في نجاح العملية

(بيان عملية خراط الاجسام)

قد تكون الخواص التي ذكرناها آتفا مستعملة في الفنون لرسم الدوائر بواسطة
المخرطة وهي آلة ذات نقطتين ثابتتين يعلق فيها الجسم الذي يراد خراطه
فاذا وضعنا هذه الآلة الحادة وضعنا ثابتا وادرتنا الجسم فانها تقرب اجزاء
الجسم البارزة وترسم فيه دائرة يكون محورها الخط المستقيم المار بنقطتيها
الثابتين ويكون مركزها ايضا على هذا الخط المستقيم
فاذا فرضنا ان حد الآلة يتقدم في الرسم بالتدريج على صورة خط عمودي
على هذا الخط المستقيم فان جميع الدوائر التي ترسم بالتوالي بواسطة الحد
المذكور تكون موضوعة على مستوى عمودي على المستقيم المذكور المار
بطرفي المخرطة ولذا يمكن استعمال هذه المخرطة في رسم اي مستو كان وهذه
هي الطريقة المستعملة في معامل الالات التي يحتاج فيها لقطع السطوح
المعدنية او اطراف الاسطوانيات التي ينبغي تحرير اطرافها على بعضها مع غاية
الضبط على ما تقتضيه صورة المهتوى

(بيان استعمال الآلة التي ابتدعها برامة في شان)*

* (قطع السطوح المستوية) *

كان برامة المذكور يدور حول محور منتصب ثابت عجلة افقية محتوية على عدة آلات حادة وجميع هذه الآلات لا تبرز مع التساوى تحت مستوى الدائرة وانما تجتمع خمسة اوستة وتبرز بالتدريج وقد تكون قطعة الخشب المراد اصلاحها موضوعة على عجلة افقية تتقدم وتقر تحت العجلة ذات الآلات الحادة فحدود كل جملة من الآلات المذكورة تحرط قطعة الخشب بحيث يكون اقل تلك الآلات بروزا ينحرط الخرطة الاولى المقورة بالتدريج بواسطة الحدود الاربعة والخمسة من كل جملة وبعد ذلك تكون القطعة المستمرة في التقدم مصلحة الجزء التالي بواسطة جملة اخرى ذات خمسة حدود اوستة فاذا احدثت الآلات الحادة المنتشرة على محيط العجلة في قطعة خشب الحزوز الضيقة جدا فان القارة الثابتة على العجلة والمساوية في الارتفاع للآلات الحادة البارزة اكثر منها تمر على قطعة الخشب التي ترسمها الآلات المذكورة وتزيل تعريجات هذه الخطوط وبذلك يتم تمهيد قطعة الخشب واصلاحها

وكل خطين عمودين مثل \overline{AB} و \overline{CD} (شكل ١٥) على مستوى واحد مثل \overline{MN} يكونان متوازيين ولاجل البرهنة على ذلك نأخذ من \overline{B} و \overline{D} اللذين هما موقعا هذين العمودين مستقيمين \overline{BD} على المستوى ثم نقيم على هذا المستوى من منتصف \overline{BD} وهو \overline{O} عمود \overline{OF}

فاذا جعلنا $\overline{OF} = \overline{OF}$ كانت نقطتا \overline{B} و \overline{D} على بعد واحد من \overline{O} و \overline{F} وزيادة على ذلك يكون \overline{F} من تقطعي \overline{A} و \overline{C} من خطي \overline{AB} و \overline{CD} العمودين على مستوى \overline{MN} على بعد واحد ايضا من تقطعي \overline{O} و \overline{F} وبيان ذلك اننا اذا مددنا ما تلي \overline{FD} و \overline{FO} وكان هذان المائلان على بعد

واحد من عمود ود على هوف فانهما يكونان متساويين وكذلك اذا كان ماثلا شه و شف علي بعد واحد من عمود ند من المستوى فانهما يكونان متساويين ايضا وبالجملة فعلى ما ذكر يكون خطا اه و اف متساويين فلذلك ينتسب كل من عمودي اب و ثد الى المستوى المنفرد المحتوي على سائر النقط التي على بعد واحد من نقطتي ه و ف الثابتتين وبناء على ذلك يكون كل من خطي اب و ثد العمودين على مستقيم واحد مثل بد موجودا على مستوي واحد ويكونان ايضا متوازيين

ثم ان السطح الافقي هو الذي يستدل عليه بالمياه الراكدة بالابتداء من اى نقطة من هذا السطح ويطلق على العمود النازل على هذا المستوى اسم المنتصب فبناء على ذلك تكون سائر الخطوط المنتصبة متوازية بالنظر لمستوا افقي معلوم

والشاقول هو خيط مقبوض على احد طرفيه باليد او مربوط في نقطة ثابتة وبطرفه الاخر قطعة رصاص فاذا استقر هذا الخيط استقرارا تاما كان له اتجاه منتصب المكان الذي يكون فيه الانسان وعلى ذلك فيمكن استعماله

ليعرف هل الخط او المستوى الذي هو سحس (شكل ٦ مكرر) افقي ام لا ولذا يستعمل البناءون مثلثا مثل اهث ويطلقون عليه اسم آلة

التسوية وهي مركبة من ضلعي اه و هث المتساويين ومن عارضة

عش التي يكون منتصفها وهو و موجودا على مستقيم

هوب العمودي على ابث فاذا كان ابث اتقيا

فانه ينبغي حين وضعه فوق آلة التسوية وتعيين الشاقول في نقطة ه

ان يمس هذا الخيط عش في نقطة و المينة بالعلامة

وتسمى المستويات المنتصبة باسم المستويات المحتوية سطحها على المنتصب

بتمامه فاذا مددنا خطا منتصباً من نقطة اى مستوكان فانه ينبغي ان يكون
موضوعاً بتمامه في ذلك المستوى حيث انه مواز للمنتصب الاول الموضوع
على المستوى المذكور .

والمستويان المنتصبان يتقاطعان بالضرورة بواسطة مستقيم منتصب حيث
انه يلزم ان يكون المنتصب الممتد من النقطة المشتركة بينهما موجوداً بتمامه
على كل من المستويين ويكثر استعمال المستويات الافقية والمنتصبة
والخطوط المنتصبة في عدة من الفنون لاسيما ما يتعلق منها بالعمارات
وكذلك تكون في مساكن الفرقج الارضيات والسقوف والتحامات الحجارة
التحت والطوب الاحمر من اسفلها واعلاها في الجدران العادية على اشكال
مستوية افقية

واما مستويات الجدران الخارجية والداخلية والحواجز فهي مستويات
منتصبة وكذلك الاضلاع التي تتكون من الجدران وجهات الابواب
والشبابيل وغيرها فهي منتصبة الشكل لانها توجد كلها على مستويين
منتصبين

وتفرض في رسم الهندسة الوصفية وقطع الاحجار والاشخاب والمباني من
حيث هي ان الرسم الاول يعمل على مستواً في والثاني على مستو منتصب
واذا كان المستوى المذكور خارج العمارة يطلق عليه اسم الارتفاع واذا كان
مارة بها يسمى بالقطع

واذا لم يخط مستقيم بنقطتي ا و ث (شكل ١٦) اللتين على بعد
واحد من مستوى م ن ح فان جميع النقط الاخرى من هذا
المستقيم وهو ا ث تكون ايضا على بعد واحد من هذا المستوى

وبيان ذلك اننا اذا مددنا من ا ث متوازيات ا ب و ث د
و ه ف عمودية على مستوى م ن ح فانه ينتج معنا عند رسم
مستقيم ب ف د في هذا المستوى ان ا ب = ه ف

= ث د مهما كان وضع نقطة هـ

ويتألف من مجموع هذه المستقيمات المتوازية من نقطة أ (شكل ١٦) العمودية على \overline{AB} مستوفاذن يكون \overline{AB} مقياس إبعاد سائر نقاط هذا المستوى من مستوى \overline{MN} وحينئذ يكون المستويان العمودان على مستقيم \overline{AB} المذكور على بعد واحد من بعضهما وكذلك إذا كان خطا \overline{AB} و \overline{CD} عمودين على أحد المستويين فأنهما يكونان عمودين على المستوى الآخر وبقيسبان أقصر بعد بين هذين المستويين

وإذا تلاقى مستويان مثل \overline{NM} و \overline{NR} فأنهما يتقاطعان في مستقيم \overline{N} .

وبيان ذلك أننا إذا مددنا من نقطتي التلاقي كنقطتي \overline{NR} مستقيما فإنه ينبغي أن يكون هذا المستقيم تمامه على المستويين المحتويين على هاتين النقطتين وبناء على ذلك يكون هذا الخط مشتركا بين هذين المستويين

وإذا فرضنا أن مستوى \overline{NM} يكون مائلا قليلا لو كثيرا على \overline{NR} فإنه يتحصل مغنا زاوية صغيرة أو كبيرة منحصرة بين مستويي \overline{NM} و \overline{NR} وهاتئتي كيفية قياس هذه الزاوية

وهي أن نمد (شكل ١٧) في المستوى الأول خط \overline{SA} وفي الثاني \overline{SB} عمودين على مستقيم \overline{N} المشترك بين المستويين ويستدل على الزاوية المتكونة من هذين المستويين بالزاوية المتكونة من المستقيمين المذكورين

وإذا فرضنا أن مستوى \overline{NM} يدور حول \overline{N} كما يدور حول أي محور كان فإن كلا من نقطتي هذا المستوى يرسم دائرة ويجوب

المستوى نفسه سائر المسافة الموجودة حول المحور اذا قطع كل من نقط محيط
الدائرة تمامه واذا قسمنا هذه المسافة المقطوعة الى اجزاء متساوية فان كل
نقطة نرسم في كل جزء عددا واحدا من الدرجات وحيث يكون هذا العدد
معد القياس زاوية المستويين الدائريين حول **ن ح**

وقد يعمل صناع آلات العلوم الرياضية للمجسمين والملاحين ومهندسي
الجغرافيا آلات تقاس بها الزاوية المصادفة من مستويع آخر وتكون هذه
الآلات مصنوعة غالبا على حسب القاعدة التي ذكرناها آنفا ويكون **آ ب**
الذي هو قوس الدائرة الممرجة (شكل ١٧) في مستو محدّد بخيوط

عضادتي **ث ا** و **ث ب** العموديتين على المستويين اللذين ينبغي
قياس ميلهما وتكون نهاية **ب** ثابتة على احدهذين المستويين ونقطة
ا التي يقطع القوس فيها المستوى الاخر دالة على عدد درجات ميل هذين
المستويين

ولاجل تحديد اتجاه مستو مائل نضعه عادة على مستو افقي نخط تقاطع
المستوى المائل على المستوى الافقي هو المسمى باثر المستوى المائل وبناء على
ذلك اذ ارسمنا بوجه عمودي على هذا الاثر او لا خطا اقويا وثانيا خطا مستقيما
موضوعا على المستوى المائل فان الزاوية الواقعة المتكونة منهما تكون دالة على
زاوية المستويين

ويكون خط **ث ا** المائل (شكل ١٧) الذي يبناه آنفا مائلا اكثر
من كل خط مرسوم على المستوى المائل وهو **ن ح ح م**

ولاجل البرهنة على ذلك نرسم افقي **س و ص** موازيا لآخر **ن ح**
من المستوى المائل و **ث و ا** عمودا على التوازيين فيكون **ن و**
قياس بعدهذين المستويين فاذا نزلنا بنقط **س و ص** من المستوى
المائل الموضوع على ارتفاع واحد على نقط **ح و ث و ن الخ**

المتساوية أيضا كان اقصر بعد اعني خط الانحدار الاكبر هو خط و ا

العمودي على متوازي **س و ص** و **ج ث**

واذا تكلمنا على السطوح المنحنية رأينا ان في استعمال الخطوط الاقضية
والخطوط ذات الانحدار الاكبر فائدة عظيمة في رسم صورة هذه السطوح
على المستويات

وقد يكون كل من المستويين عمودا على الآخر اذا تألف منهما من جهتي
اليمن والشمال زوايا متساوية وتكون هذه الزوايا بالمسوحة بخطوط مستقيمة
عمودية قائمة

واذا كان مستقيم عمودا على مستو كانت جميع المستويات الجديدة الممتدة من
هذا المستقيم عمودية على ذلك المستوى

وليكن **أ ب** (شكل ١٨) عمودا على مستوى **م ن ح**

و **ف ع د ه** هو المستوى الممتد من **أ ب** فاذا رسمنا على

م **ن ح ح** **ا ب** عمودا على **ع د** فان زاوية **ب ا ب** التي
يقاس بها ميل هذين المستويين تكون قائمة وبناء على ذلك يكون كل من
المستويين عمودا على الآخر

واذا كان المستويان المتوازيان مقطوعين بثالث فان مستقيمي التقاطع
يكونان متوازيين والافهام متلاقية في بعض الجهات فاذا يتلاقى كل من
المستويين الاول والثاني اللذين هما جزء من هذين المستقيمين وبناء على ذلك
يكونان غير متوازيين

وكل مستقيمين متوازيين منحصرين بين مستويين متوازيين يكونان
متساويين ويبان ذلك انما اذا مددنا من هذين المستقيمين مستويا ثالثا فانه
يقطع المستويين الاولين بحسب المتوازيين الجديدتين المستقيمتين على المتوازيين
الاولين فاذاً يكون المتوازيان المنحصران بين المتوازيين متساويين

وكل مستقيمين مثل أبث و دهف (شكل ١٩) مقطوعين
بثلاثة مستويات متوازية مثل ن ح و ج ر و ض ط
يكونان مقطوعين إلى أجزاء متناسبة

ولاجل البرهنة على ذلك نمد أهف موازيا دهف وحيث أن ه
و ف و ه و ف هي نقط تلاقى هذين المستقيمين مع مستويي
ح ر و ض ط ينتج معنا أه = ده و هن = هف
غير أن مستقيمي أبث و أهف موضوعان على مستوي واحد قاطع
لمستويي ح ر و ض ط بحسب مستقيمي ب ه و ث ف
المتوازيين فاذن يتحصل معنا هذه النسبة

أب : بث :: أه : هن :: ده : هف

وقد بقي علينا أن نتكلم الآن على الزوايا المجسمة مثل و أبث المتألقة
من مستقيمات وا و وب و وث الثلاثة المتلاقية في نقطة و
الدالة على ثلاثة أجزاء من مستويات أوب و بوث و ثوا
وقد تدل هذه الزاوية كما يترأى لنا على ثلاث زوايا عادية مثل أوب
و بوث و ثوا وعلى الزوايا الثلاثة الحادثة من المستويات
المأخوذة اثنين اثنين ويؤخذ من الهندسة الوصفية الطرق التي يعرف بها الزوايا
المتألقة مع المستويات من المتوازيات ومن الزوايا الحادثة من الخطوط
وبالعكس

(الدرس السابع)

(في بيان المجسمات المنتهية بالمستويات)

قد ذكرنا لك خواص الخط المستقيم والدائرة وبجئنا بالتوالي عن الاشكال
التي تحدثها الصناعة اما بالخطوط المستقيمة او بالدوائر ولنتكلم الآن بهذه
الطريقة على المجسمات التي يمكن تحديد ها اولا بواسطة المستويات
وثانيا بواسطة السطوح المنحنية المأخوذة من الدوائر فنقول
كل مجسمين صليبين يكونان متساويين اذا فرض انهما خارجان من قالب واحد
كصورة نصف شخص وصورة صغيرة صانعهما جيباس واحد

وكل مجسمين صليبين مثل م ن و د ه ف و م و د ه ف
(شكل ٢٣) يكونان متماثلين الصورة والوضع اذا امكن اتصال نقطتهما
المتقابلة بخطوط مستقيمة متوازية ويكون منتصفهما على مستوى
أبث العمودى عليها وهذا المستوى هو تماثل مجموعهما

* (بيان اجراء العملية) *

قد يحتاج في الصناعة لان يحدث في كل وقت اجسام متماثلة بالنسبة لاجسام
اخر واجسام مركبة من جزئين متماثلين كالعمارات المنتظمة والهياكل
والقصور المبنية على حسب مستوي واحد

وليس الغرض من الانتظام في الغالب الا الزينة واللطافة بالنظر لمحصلات
الصناعة المقصود منها الثبات والنعوم كالبيوت والكنائس وغير ذلك
وقد يكون الانتظام المذكور لازما لعدة عظيمة من الاجسام التي تحدث عدة
حركات متساوية مع السهولة جبهة اليمين والشمال وهذا هو الحكمة في كون
القدرة الالهية جعلت لاغلب الحيوانات ضلعين متماثلين متصلين بمستوي
واحد ممتد في حركتهما المتتابعة الاعتيادية وعلى مقتضى هذا الاصل قد جعل
المهندس البحري جبهة اليمين والشمال من سفنه متماثلتين بالنسبة للمستوي
الذي يبين انجسام السير المتوالي وقد تكون العربات ايضا مقابلة بالنسبة لهذا

المستوى على حسب قاعدة تضاهي هذا الاصل وهلم جرا (راجع المجلد الثاني من الكتاب عند ذكر الالات)

والقضيب هو واحد الاجسام الصلبة غير المتناهية التي اوجهها المستوية منتهية بخطوط مستقيمة متوازية وتسمى اضلاعا ويتألف المنشور من قطع القضيب بواسطة مستويين متوازيين ومن ذلك يتحصل معنا القطعان المسميان بالقاعدتين وهما شكلان كثيرا الاضلاع عددا اضلاعهما مساو لعدد اوجه المنشور وقد يكون هذا المنشور قائما او مائلا على حسب كون القاعدتين عموديتين او مائلتين بالنسبة لاضلاع المنشور وقد يكون مخروطا ناقصا اذا لم تكن القاعدتان متوازيتين

ويكون المنشور القائم منتظما بالنسبة للمستوى الذي يقطع في زاوية قائمة من المنتصف اضلاعه التي تكون حينئذ اعمدة متممة لشروط الانتظام وهما ايضا مباشر ناقصة منتظمة بالنسبة للمستوى الذي يقطع كذلك في زاوية قائمة من المنتصف جميع اضلاعها

(شكل ١) ويكون للمنشور المثلثي ثلاثة اوجه وزيادة على ذلك يكون له قاعدتان مثلثتان وجميع التغيرات التي تحصل في شكل المثلث تحصل ايضا في شكل المنشور المثلثي

(بيان اجراء العملية في علم النظر)

يستعمل الطبيعيون منشورا من زجاج اوبسلور لتحليل الضوء الذي تفصل اشعته المختلفة في حال مرورها ووجهها من المنشور لتدخل فيه ووجهها آخر لتخرج منه وحينئذ يرى بالترتيب الاتي الالوان السبعة الاصلية وهي الاحمر والبرتقاني والاصفر والاخضر والازرق والبنيلي والبنفسجي وهذا هو الذي يطلق عليه اسم شعاع الشمس

(بيان اجراء العملية في علم المباني)

يستعمل البناء منشور ا ب ث د ف القائم المثلثي ذا القواعد

المنتظمة (شكل ٧) ليصنع سطح العمارات المنتظمة الذي له وجهان وقوصرات أو حائط جلون ويستعمل المنشور الناقص المنتظم (شكل ٨) في السطوح ذات الجوانب الأربعة وهذا الشكل هو شكل تلال الأحجار المصطقة على جوانب الطرق التي ينبغي إصلاحها وحيث كان هذا الشكل منتظما وسهل القياس أمكن في أسرع وقت تحقيق كمية الأحجار التي يحتوي عليها كل تل وبهذا الداعي يكون ذلك الشكل ~~كثير~~ الاستعمال في تلال الرصاص والكل المصنوعة التي في حواصل الطوبجية

(بيان اجراء العملية في الميكانيكة)

يستعملون في صناعة الآلات منشورا مثلثيا ذات قواعد منتظمة وشاخصا ثابتا تجوز به البراوير والعربات التي يراد أن يكون سيرها كاملا الاستقامة والمنشور المربعي (شكل ٢) هو الذي يحتوي على أربعة أوجه ويكون كل من قاعدتيه شكلا مربعا كما يدل على ذلك اسمه فإذا كان المربع متوازي الأضلاع فإن المنشور يسمى متوازي السطوح ويسمى أيضا متوازي المستطيلات إذا كانت جميع أوجهه زوايا قائمة وزيادة على ذلك إذا كانت القاعدة مربعا فإنه يسمى متوازي السطوح المربعي وهو شبيه بالمساطر التي تستعمل لتسطير الورق وبالجملية فإذا كانت جميع أوجه متوازي السطوح مربعات فإنه يسمى قدحاً مكعباً وهو ما يستعمل في لعب الترد وللمناشير القائمة المربعة ذات القواعد المنتظمة مستويات منتظمة موازية لأضلاعها ومارة بمحور تماثل كل قاعدة

فإذا كانت القاعدة مستطيلة كان للمنشور ثلاثة مستويات منتظمة موازية للأوجه الستة المأخوذة من شئ شئ وإذا كانت القاعدة شكلاً معيناً كان للمنشور ثلاثة مستويات منتظمة أحدها المستوى الذي يكون على بعد واحد من القاعدتين ثانيها وثالثها المستوى المارة بقطار الشكل المتوازية من قواعد المعينات

وفي المكعب تسعة مستويات متماثلة منها ثلاثة موازية للأوجه وثلاثة مارة

باقطار شكل هذه الواجهة

وفي كل من هذه المناشير تمر مستويات التماس بالنقطة المعلومة التي هي مركز المنشور وتتقاطع منى منى على الخطوط المجعولة اقطارا ومحاور المنشور المذكور * ولهذه النقطة وتلك الخطوط خواص نافعة في علم الميكانيكة سنذكرها في المجلد الثاني من هذا الكتاب (عند ذكر الالات)

*(بيان ابراء عدة عمليات مختلفة) *

يستعمل النجار وقطاع الخشب والحداد وجم غفير من ارباب الصنائع المناشير المنتظمة ذات الواجهة الاربعة وقد تكون شواحي البيوت الافرنجية وعوارضها وسائر اخشاب السقوف مناشير من هذا الجنس وكانت في قديم الزمان مناشير مربعة القاعدة لكنهم منذ عرفوا تقويم قوة الاخشاب حق المعرفة عرفوا فائدة استعمال المناشير الدقيقة الرفيعة في صورة ما اذا كانت هذه المناشير ثقيلة قليلا واستعمال المناشير العريضة في صورة ما اذا كانت ثقيلة كثيرا

وقد تكون الاعمدة المربعة والجمالات المربعة اشكالا متوازية المستطيلات

*(بيان المناشير البلورية) *

وشاهدنا غالبا فيما اوجده الله تعالى في التبلرات الطبيعية من الاشكال الهندسية المتنوعة المضبوطة مناشير مثلثية ومربعية ومسدسية ومثلثية وغير ذلك واعلم ان معرفة هذه الاشكال البلورية من اعظم العمليات الهندسية حيث نشأ عنها معارف نفيسة تتعلق بالجواهر التي يتركب منها هذا البلور وبالجملة فاذا قسمنا هذه التبلورات قسمة مضبوطة على حسب اوجه التجام اشكالها الاصلية فالتناعرف بواسطة الهندسة جميع تنوعاتها ونبين متانة الاشكال الطبيعية حتى الاختلافات العظيمة في الظاهر ولنبين الان الطرق المستعملة في قطع المنشور القائم في جسم اى شكل كان فتقول

ادامدنا بقرب الجسم الذي يراد قطعه الى منشور و ترا موازيا للاتجاه الذي
 ينبغي جعله للاضلاع مع فرض ان ذلك الاتجاه افقي لاجل السهولة فالتسا
 نضع على هذا الوتر احد ضلعي المسطرة المثلثية الموضوعة وضعا اقويا ثم نعين
 على هذا الجسم بواسطة الشاقول الذي نوجهه على امتداد الضلع الاخر من
 المسطرة المذكورة عدة نقط تكون فيما بعد لقاعدة المنشور المراد رسمه وبعد
 تمام ذلك تقطع بالقاس او بالمنشار او بأي آلة كانت الجسم على حسب المستوى
 المنتصب الذي يمر بالنقط المعينة ثم نرسم على هذا المستوى كثير الاضلاع
 المتألف من القاعدة ونثقب من مبداء كل رأس من رؤس كثير الاضلاع
 المذكور ثقبوا في الجسم يكون عمقه امن بجميع جهاته عموديا على هذه القاعدة
 وتكون هذه الثقوب اضلاعا للمنشور ثم نصليج من كل ضلع الى آخر الجسم على
 حسب القواعد المذكورة في الدرس السادس ولاجل صحة العملية يلزم
 ارتثب من مبداء الامران الاضلاع تكون عمودية مع الاحكام والاتقان
 على مستوى القاعدة وعلى اضلاع هذه القاعدة التي تتلاقى مع كل ضلع
 ولاجل مزيد التحقيق نتظر هل جميع الاضلاع تبقى على بعد واحد في سائر
 الجهات ام لا وهذا امر ضروري لا بد منه وانها تكون موجودة مثني مثني
 في مستوا واحد وهذا يدرك بمجرد النظر متى لوحظ ان اى ضلع من الاضلاع
 يمكن ان يمتد عن الناظر جميع نقط الضلع التالي او المتقدم عليه مباشرة
 فاذن لا يبقى علينا الا عمل القاعدة الثانية فلنرسمها بواسطة مسطرة مثلثية
 بان نمد على اوجه المنشور عدة اعمدة على الاضلاع بشرط ان يكون الاخير من
 هذه الاعمدة يعود مع غاية الدقة والضبط الى النقطة التي ابتدى منها برسم
 العمود الاول وهذه هي القاعدة المستعملة عند نجاري البيوت ومهندسي
 السفن

واذا قطعنا الوجه الاول من المنشور وارادنا عمل الواجهة المتلاصقة فالتسا
 نستعمل المسطرة المثلثية الصحيحة او القاسدة في مسح الزوايا المتألفة من هذه
 الواجهة وحدها او مع القواعد وثقب من مسافة الى اخرى على الوجه الذي

يراد عمله تقوياً بمهمة بحيث يكون احد ضلعي المسطرة الثلثية داخلها مع الضبط والضلع الاخر واقفاً على الوجه المصنوع قبل ذلك فاذا كان كل من ضلعي المسطرة الثلثية متجهاً باتجاه عموديا على الضلع الذي يفصل الوجه المصنوع من الوجه الذي يراد عمله فان عمق الثقب يكون واقفاً مع الاتقان على هذا الوجه الاخير

وبعد ان تجهز من مسافة الى اخرى الخطوط المؤشرة لا يبقى علينا الا رفع المادة واصلاحها بين هذه الخطوط لاجل عمل الوجه الجديد

وقد يرسم بالنظر لعلم الهندسة بواسطة الخطوط التي لا تدل على اختلاف ما بامتدادها ووضعها الاشكال المحدبة والمجوفة القابلة للتعشق في بعضها مع الدقة والضبط الا انه عند العملية يكون الاختلاف بين نوعي الاشكال المحدبة والمجوفة عظيماً جداً

وقد يظهر لنا من صناعة المناشير شاهد على ذلك وقد بينا آنفاً الطرق التي بها يمكن عمل المنشور المجوف بواسطة البكار والمسطرة العادية والمسطرة الثلثية وسائر الآلات الحادة فاذا كان المراد عمل منشور مربع وكان ذلك المنشور متوازي المستطيلات مثلاً كغالب العلب المستعملة في المعامل الصغيرة والمعدة لنقل الاشياء بدأنا بجعل سمك الألواح مستحسنين وبعد ان تفصل هذه الألواح بالمسطرة الثلثية في العرض والطول المطلوبين تكون مناشير محدبة وتكون بمنزلة الواجهة للمنشور المجوف المراد عمله ويكون اثنيان منها متقابلين على حسب طول العلبة وعرضها واثنان على حسب طولها وارتفاعها واثنان آخران على حسب ارتفاعها وعرضها ثم نضعها بجوار بعضها بان نضعها إما بواسطة المسامير او بالغر او اما الجهة التي يراد قفلها يكون اوقفل فانها توصل بواسطة مشبك كالرزة مثلاً فاذا كانت الألواح متصلة مع الضبط حدث بالضرورة عن اتصالها ببعضها شكل متوازي السطوح وانما ينبغي التنبيه على ان الواح الاربع تكون بالنظر لسمكها منضجة

في زاوية مقدارها ٤٥ مخرقة في خطي \overline{AA} و \overline{BB} وهلم جوار جمع

(شكل ٣) أو مستوية كما في شكل ٤

وإذا كانت العلبة متسعة جدا بحيث لا يكفي أن يكون عرض اللوح وجهها من أوجهها فائتألف اليه عدة ألواح متلاصقة وإذا لم يكن المطلوب شغلا محتاجا لالتقان فائتألف عوارض حيث ما اتفق ونضعها بواسطة المسامير التي تكون في العلبة من جهة واحدة كالصناديق العادية المعدة لحفظ المهمات والبضائع التي تنقل بواسطة العربات المعدة للنقل

فإذا كان المطلوب أجرا أشغل مهم فائتألف الألواح إلى بعضها بأن تقطع أولا على ساحة أحدها الذي هو **ب د ج ح** (شكل ٥) لسانا مجوفا وتقطع ثانيا على ساحة اللوح المتصل الذي هو **ب د ن م** حزاما للصورة لكي يدخل فيه اللسان مع غاية الضبط والاحتكام وليس اللسان في الحقيقة (شكل ٥) إلا منشورا محدبا قائم الزوايا وليس الحزايضا المنشورا مجوفا قائم الزوايا وبناء على ذلك يمكن عمل كل منهما بواسطة القارة كما سنبين لك ذلك

وكذلك العاشق والمعشوق (شكل ٦) فانهما منشوران قائما الزوايا أحدهما محدب والثاني مجوف وحيث كانا مضاهيين في ذلك للحزور والالسننة كانا مفصلين على وجه ينضممان به إلى بعضهما مع غاية الدقة والضبط فإذا اقتضى الحال ضم منشورين إلى بعضهما بواسطة المسطرة المثلثية فائتألف عمل كلاهما إلى العاشق والمعشوق ويمكن تفصيل العاشق بواسطة المنشور بخلاف المعشوق فلا يمكن تفصيله إلا بالمقرض وزيادة على ذلك يلزم لهذا الأخير مدة طويلة من الزمن وهذا مثال يدل على الصعوبة التي يكابدها الشغال في عمل المنشور المحدب والمجوف

وقد ينظر ريثما من فن النجارة وفي قطع الأخشاب زيادة على ما ذكرناه أيضا من الأشكال الأخرى عدايات بدعية موزعة تتعلق بالأشكال المنتهية والمستويات ومنها ما هو مجوف ومنها ما هو محدب وهي متعشقة ببعضها وتعشقا جيدا

ويحتاج قطاع الاخشاب في الغالب الى عمل المناشير او رجمها بواسطة قطع
خشب تتركب منها اضلاع المناشير كما في تركيب السقوف مثلا ينظر لنا
من شكل ٧ تخشيبية السقف الذي يكون على صورة منشور مثلثي يزيد في
الارتفاع على منشور مربعي اي بيت قائم الزوايا متخذ من الخشب ولاجل عمل
هذا البيت ينبغي للقطاع الخشب ان يحمل كثيرا من المسائل الهندسية السهلة
بموجب القواعد المقررة في هذه الدروس وينبغي له ايضا معرفة مساحة كل
قطعة من التخشيبية وتحصيل طولها وشكلها الحقيقي مع زواياها
المرتفعة المنقولة على قطع الخشب التي يفصلها على حسب الصورة المستحسنة
وغير ذلك

وبناء على ذلك ينبغي لقطاع اخشاب البيوت معرفة سائر اصول الهندسة
التي ذكرناها آنفا لتيسر له العمل عليها مع الضبط بدون توقف في الاحوال
العارضة التي يكون عمل الجاهل فيها بالصدفة والاتفاق فيكون فاسدا
في الغالب

وقد يتفقد علم الهندسة ايضا مهندس السفن حيث يلزمه احداث اشكال
تحتاج الى الغزارة في العلم ويكون حسنهم موطا بصحة العملية بواسطة العلوم
الهندسية

وهناك شكل اسهل من المنشور في الظاهر لان اوجهه اقل من اوجه المنشور
المذكور الا انه اصعب منه في الحقيقة حيث ان اوجهه غير متوازية وهذا
الشكل هو الشكل الهرمي

ويتركب الهرم كما في شكل ٩ و ١٠ و ١١ و ١٢ و ٢٠
من اوجه مستوية مثلثية تكون رأسها في نقطة واحدة ويتألف منها مع
قاعدتها شكل كثير الاضلاع المستوي وهذا الشكل هو قاعدة الهرم
وكذلك الرأس المشتركة بين تلك الواجهة المثلثية تكون رأس الهرم
وتكون قاعدة الهرم التماثل شكل كثير الاضلاع التماثل وتكون رأسه
موضوعة في مستوى التماثل

وقاعدة الهرم المنتظم هي كثير الاضلاع المنتظم وزيادة على ذلك يلزم ان تكون رأس الهرم ومركز القاعدة على مستقيم عمودي على مستوى هذه القاعدة فاذا فرض ان القاعدة اقلية لزم ان تكون رأس الهرم قائمة على مركز القاعدة ويكون الشاقول الموضوع بهذا الوجه كالا على محور الهرم المنتظم

وقاعدة الهرم المثاني الذي هو و ا ب ث (شكل ١٢) هي مثلث

ا ب ث وقاعدة هرم ا ب ث د ه المربعي (شكل ١١) هي

مربع ب ث د ه وهم جرا

وكذلك تكون سقف القلاع والابراج سواء كانت مثلثية او مربعة اهراما قاعدتها المثلث او المربع المتألف من برف البرج او الدور (شكل ١٠ و ٩) وكذلك تكون البرابي او المسلات اهراما منتظمة كالاثار العمومية وهي في العادة اهرام مربعة ولنشرع بالآن في كيفية عمل مسلة من حجر تكون اقلية اعني ملقاة على الارض ويكون محورها اقلية ايضا وقاعدتها منتظمة قائمة فنقول

نقطع في الصخر او في حجر الصوان مستويا منتصبا ونرسم عليه مربع

ب ث د ه (شكل ١١) المستعمل قاعدة للمسلة ثم نبدء بقطع

الوجه الاعلا وهو ا ث د ووجهي ا ث ب و ا ب ه المتصلين

بعضهما ونلاحظ اولامع غاية الضبط ان الزوايا المتألفة من اوجه ا ث د

و ا ث ب و ا ب ه ومن مستوى القاعدة تكون مساوية بالكلية

لزوايا المسلة المرسومة وتكون هذه العملية مضبوطة اذا ثبت ان رأس

ا تكون على مستقيم او العمودي على مستوى القاعدة المار بمركزها

وهو و واذا جعلنا و م على مستوى القاعدة ثم جعلنا ا ن

موازيا ومساويا لخط و م المذكور فانه بواسطة تلك الكيفية يرى

في اتجاهين مختلفين ان مستقيم ا ن م الذي يلزم موازاته لخط او يكون

عمودا على $\overline{ان}$ و $\overline{وم}$ فعلى ذلك يكون محور و $\overline{أ}$ عمودا على المستقيمين
 المرسومين من نقطة و $\overline{و}$ على مستوى القاعدة ويكون هذا المحور عمودا
 ايضا على ذلك المستوى فاذا كانت شائر الشروط متوفرة وكان الخط الناشئ
 عنها ينسأ فلا يبقى علينا الا عمل وجه $\overline{اب}$ و $\overline{هـ}$ الاسفل الذي يكون مستوية
 محدودا بضلعي $\overline{اب}$ و $\overline{اهـ}$

فاذا اريد عمل هرم مثلثي على اي صورة كانت في كتلة من الحجر
 او الخشب مع فرض معرفة صورة القاعدة والزوايا المتألفة من مستوى هذه
 القاعدة ومن الواجه الثلاثة الاخر فالتا نرسم ونقطع الوجه المستوى
 على حسب القواعد المقررة في الدرس السادس ثم نرسم بواسطة المسطرة
 المثلثية التي يكون ضلعاهما متجهين اتجاههما عمودا على ضلعي
 القاعدة الواجه الثلاثة المستوية وهي $\overline{اب}$ و $\overline{بش}$ و
 $\overline{اش}$ و (شكل ١٢) التي يتكون منها مع القاعدة الزوايا المقررة
 وهذه الواجهة الثلاثة هي اوجه شكل الهرم

وفي الغالب يكون وضع الرأس معيناً (شكل ١٢) بنقطة $\overline{م}$ التي
 يقع فيها عمود $\overline{وم}$ على القاعدة وعلى ارتفاع $\overline{وم}$ وفي هذه الصورة
 نرسم القاعدة وتجعلها مستوية ثم نقيس بالشاقول ارتفاعي $\overline{ش}$

و $\overline{ح}$ و المساويين لخط $\overline{وم}$ فاذا صككت نقطتا $\overline{ح}$ و $\overline{ن}$
 مساويتين لمستوى القاعدة فالتا نرسم $\overline{ور} = \overline{مح}$ و $\overline{وح}$
 $= \overline{من}$ فتكون نقطة و التي يتلاقى فيها خطا $\overline{ور}$ و $\overline{وح}$
 الاقيلين رأس الهرم ومتى كانت الرأس معلومة فالتا نصغر اولا حجم كتلة
 الخشب او الحجر بان نحدث فيها حوزا على هيئة خط مستقيم بموجب خطوط
 و $\overline{أ}$ و $\overline{ب}$ و $\overline{و}$ ثم نسطح تلك الكتلة بين هاتين الخطوط
 المستقيمتين

ويسهل علينا في بعض الصور بواسطة الرسم الهندسي ان نبدأ باخذ مساحة
 زوايا الواجه الثلاثة التي على القاعدة ثم نرسم هذه الواجه من غير ان يحصل

مشقة في وضع الرأس

ولذا يكفي أن نمد (شكل ١٣) من نقطة M التي هي موقع عمود OM النازل من الرأس على القاعدة M و MO و MO على العمودية على خطوط AB و BC و CA على وجه التناظر ثم نرسم في جهة أخرى مثلثات OMD و OME و OMF القائمة الزوايا فتكون زوايا OMD و OME و OMF زوايا الاوجه الثلاثة من الهرم والقاعدة

ويظهر لنا من القواعد التي لابد منها في رسم المثلث الشروط الضرورية في تساوي المثلثين وكذلك تساوي الهرمين فيكون كل هرمين مثلثيين متساويين بقيود أربعة الأول أن تكون الأوجه الثلاثة من أحدهما مساوية للأوجه الثلاثة من الآخر الثاني أن يكون الوجهان والزاوية المستوية المحصورة بينهما من كل من الهرمين المذكورين متساوية الثالث أن يكون الوجه والزوايا الثلاثة المستوية التي ينسب إليها هذا الوجه متساوية في كل منهما أيضا الرابع أن تكون الاضلاع الستة متساوية في كل منهما أيضا وهم جرا

وللتدريب على عمل الأهرام ورسمها وحسابها فائدة عظيمة في العمليات التخطيطية التي لا تكون فيها النقط المراد تحديدها في مسبوها واحد فعلى ذلك تنقل وضع كل نقطة مرصداها إلى وضع النقط الثلاثة الأخرى التي يتكون منها المثلث المجعول قاعدة ونقيس بواسطة الآلات التي هي الغرافومتر ودائرة التكرار والتبديل الزاوية التي يصنعها الشعاع النظري الممتد من رأس كل مثلث مجعول قاعدة إلى الشيء المرصود أما بواسطة ضلع القاعدة أو بواسطة مستوئها فإذا انضمت الأشعة الثلاثة النظرية إلى ثلاثة اضلاع القاعدة فإنه يتألف منها الهرم الذي تكون رأسه النقطة المرصودة وهذه العمليات الصعبة مقصورة على الصنائع العلمية كصناعة مهندسي

الادروغرافيا والالجغرافيا وصنائع المصاحين المتوطنين بالعمليات الجسمية
كالعمليات التي تتعلق بحساب البلاد وجميع ما يخصها

واذا كان اي جسم منتهيا من جميع جهاته باوجه مستوية فان هذه الواجهة
تكون منتهية ايضا بخطوط مستقيمة يتكون منها مضلعات مستوية ومن
المعلوم انه يمكن تحليل هذه الاشكال كثيرة الاضلاع الى مثلثات فعلى هذا

اذا جعلنا نقطة θ في داخل جسم $AB\Gamma$ الخ (شكل ٢١)
كانت على حسب ما ترويه فيمكن ان نعتبرها اولا كراس عدة اهرام مضلعة
بقدر ما يوجد من الاشكال كثيرة الاضلاع المعتبرة اوجها لهذا الجسم وثانيا
نعتبرها كراس عدة اهرام مثلثية بقدر ما يمكن رسمه من المثلثات على هذه
الواجهة وفي هاتين الصورتين يحدث عن مجموع هذه الاهرام الجسم بتمامه
(بيان مساحة الاجسام المنتهية باوجه مستوية)

حيث ان المربع قد جعل قياسا للسطوح لزم جعل المكعب الذي هو جسم
منته من جميع جهاته بالمربعات قياسا للعجوم

وتكعيب الجسم هو معرفة عدة مرات احتواء ذلك الجسم على المكعب
المأخوذ وحدة ولنبدأ ببيان الكيفية التي يقاس بها حجم المكعب الاكبر بواسطة
المكعب الاصغر فنقول

لنفرض مثلا ان ضلع المكعب الاكبر هو θ (شكل ١٤)
يكون محتويا عشر مرات على ضلع المكعب الاصغر وهو
 β فنقسم المكعب الاكبر الى عشر قطوع موازية لاحد اوجبه و متحدة
في السمت ويكون هذا السمت ممكلا للمكعب الاصغر وتكون قواعد هذه
القطوع محتوية عشر مرات مضروبة في مثلها على احد اوجه المكعب
الاصغر وكل قطع منها يحتوي على المكعبات الصغيرة عشر مرات مضروبة
في مثلها فاذن يكون مجموع القطوع العشرة محتويا على المكعبات الصغيرة
عشر مرات مضروبة في ضعفها ويشار الى هذا الضرب بهذا الرقم 10
واذا انسجنا على هذا المنوال وعرفنا ان $2 \times 2 \times 2 = 8$ و 3

$27 = 3 \times 3 \times 3$ وهلم جرا علمنا ان اضلاع المكعب الاكبر اذا كانت
تحتوى على ضلع المكعب الاصغر بقدر عدد من هذه الارقام وهى ١ و ٢ و ٣ و ٤ و ٥ و ٦ و ٧ و ٨ و ٩ و ١٠ فانه يوجد في المكعب
الاكبر من المكعبات الصغيرة ١ و ٨ و ٢٧ و ٦٤ و ١٢٥ و ٢١٦ و ٣٤٣ و ٥١٢ و ٧٢٩ و ١٠٠٠ ولاجل الاختصار في ذلك نقول ان
٨ هي مكعب ٢ و ٢٧ مكعب ٣ و ٦٤ مكعب ٤
وهلم جرا ومعناه عدد المكعبات الصغيرة المحتوى عليها المكعب الاكبر الذي
يكون ضلعه مساويا لضلع المكعب الاصغر ٢ و ٣ و ٤ من المرات
وحجم المنشور المر بى يساوى حاصل ضرب قاعدته في ارتفاعه
فلنفرض اولا المنشور المستطيل كما في (شكل ١٥) فنقسمه بالنظر
لقاعدته الى عدة قطوع بقدر ما يحتوى ارتفاعه من المرات على وحدة
القياس اى ضلع المكعب الاصغر المأخوذ وحدة لذلك ويوجد مكعبات صغيرة
في القطع بقدر مرات احتواء قاعدة ذلك القطع على قاعدة للمكعب الاصغر
فعلى ذلك يكون عدد المكعبات الصغيرة الكلى مساويا للعدد الدال على سطح
القاعدة المضروب في العدد الدال على الارتفاع وهذا هو المسمى بحاصل ضرب
القاعدة في الارتفاع

وكل منشورين قاعدتهما المستطيلة واحدة وارتفاعهما واحد وكان
احدهما هو $أ ع$ قائما (شكل ١٦) والاخر هو $أ غ$ مائلا
فان حجمهما يكون واحدا

ولاجل البرهنة على ذلك نلاحظ ان منشوري $أ ب ه ف$ و
 $د ث ش ع$ ش غ المثلثين متساويان لان ارتفاعهما وهو
 $أ ب$ واحد وقاعدتهما $أ ه$ و $د ث$ مثلثان متساويان
لان $أ ه = د ث$ ولان الضلعين الآخرين متوازيان على التناظر
فاذا اضفنا الى متوازي السطوح وهو $أ ب ث د ه ف ع ش$
منشور $د ث ع ش$ ش غ المثلثي وطرحتما مساوية وهما

أ ب ه ف ن ه تحصل معنا منشور أ ب ث د ه ف ن غ شه
المربعي المائل فاذن يكون هذا الاخير متحدا الحجم مع المنشور المستطيل الذي
تكون قاعدته واحدة وارتفاعه واحدا

ولنبين مع السهولة ان حجم منشوري أ ب ث د ه ف ع ش
و ا ب ث د ه ف ن غ شه (شكل ١٥) متحد مع حجم اى
منشوري يكون ارتفاعه واحدا وقاعدته شاكين متوازيين الاضلاع
مسطحة ماساوا لمسطح قاعدة أ ب ث د المستطيلة
وحجم المنشور القائم المثلثي يساوى حاصل ضرب قاعدته في ارتفاعه

وذلك لانه يمكن تقسيم كل منشور مربعي مثل أ ب ث د ه ف ع ش
(شكل ١٧) الى منشورين مثلثيين متساويين في الحجم وهذا التساوى
يحصل ايضا اذا جعلنا اضلاع متوازي السطوح مائلة بدون ان تتغير قاعدته
وارتفاعه الا ان سطح قاعدة المنشورين المثلثيين الذي هو أ ب ث
او ا د ث يكون نصف سطح ا ب ث د الذي هو قاعدة متوازي
السطوح فاذن يكون حجم المنشور المثلثي مساويا لحاصل ضرب قاعدته
في ارتفاعه

وحجم كل منشور كثير الاضلاع مثل أ ب ث د ه و ا ب ث د ه
(شكل ١٨) يساوى حاصل ضرب قاعدته في ارتفاعه
وبرهان ذلك انه يمكن تقسيم هذا المنشور الى عدة مناشير مثلثية بقدر احتوائها
قاعدته وهي ا ب ث د على مثلثات مثل ا ب ث و ا ث د الخ
يكون ارتفاعها عين ارتفاع المنشور الكلي فيكون حجمها الكلي هو مجموع
القواعد المثلثية التي هي ا ب ث و ا ب د و ا د ه مضروبا
في الارتفاع

(بيان تكعيب شكل الاهرام)

ولنبدي بالهرم المثلث فنقول

حجم الهرم المثلث هو ثلث حاصل ضرب قاعدته في ارتفاعه

وبرهان ذلك اننا اذا اخذنا اي منشور مثلثي مثل أ ب ث (شكل ١٩)

وقطعناه بمستوى أ ب ه المار بنقطة أ ب الذي هو ضلع القاعدة

ونقطة و التي هي رأس الزاوية فنحصل معنا أ ب ه هرم أ ب ث ه

المثلثي الذي تكون قاعدته وارتفاعه عين قاعدة المنشور وارتفاعه وبقى علينا

الهرم المربعي الذي قاعدته أ ب د ورأسه ه فنقسمه بمستوى

أ ب ه الى هرمين مثلثيين فيحصل معنا هرم أ ب ه المقلوب الذي

قاعدته أ ب ه ورأسه أ فعلى هذا تكون قاعدة هذا الهرم وارتفاعه

عين قاعدة المنشور وارتفاعه وبالجمله اذا قابلنا هرم أ ب ه وهو الثالث

بهرم أ ب ه فانه يترآى لنا انه يساويه في الحجم لانه اذا جعلنا مثلث

أ ب ه = أ ب د بالنظر لقاعدتيهما كان رأس الهرمين وهو

ه واحدا فاذن يمكن اعتبار حجم كل منشور مثلثي مكافئا لحجم ثلاثة اهرام

ارتفاعها واحد وقاعدتها واحدة فعلى ذلك يكون حاصل ضرب قاعدة

كل هرم في ارتفاعه الذي هو حجم المنشور مساويا لثلاث مرات لحجم هذا

الهرم

وحجم اي هرم كان (شكل ٢) يساوي ثلث حاصل ضرب القاعدة

في الارتفاع

وبرهان ذلك ان تقسم القاعدة الى مثلثات مثل أ ب ث و أ ب د

و أ ب ه الخ يكون كل منها قاعدة لهرم مثلثي رأسه نقطة و ويكون

قياس كل من هذه الاهرام المثلثية سطح مثلثات أ ب ث و أ ب د

الخ مضروبا في ثلث ارتفاع و س المشترك فعلى ذلك يكون قياس

الهرم الكلي هو حاصل ضرب القاعدة الكلية في ثلث هذا الارتفاع

بيان تكعيب الجسم المنتهى من جميع جهاته بأوجهه مستوية على حسب
المطلوب (شكل ٢١)

إذا جعلنا في هذا الجسم أى نقطة مثل $و$ رأساً للأهرام التى تكون قاعدتها
أوجه الجسم المستوية فإن مسطح كل وجه مضروباً فى ثلث بعده من
رأس $و$ يكون حجم الهرم المقابل ويكون مجموع الحواصل حجم الجسم
ولتسهيل هذه الطريقة ينبغى المكث فى داخل الجسم ذى الأوجه المستوية
وقياس بعد كل وجه عن هذا المستوى مع الضبط وعدم التساهل والافضى
بناءً ذلك إلى الوقوع فى عمليات هندسية عويصة مشكلة لا تلائم سرعة عمليات
الصناعة وسهولتها وهذا الطريقة أخرى تفضل الأولى فى السهولة والسرعة
وانبحث قبل أن تتصدى لذلك هذه الطريقة عن تقويم حجم المنشور

الناقص المثلثى مثل $أ ب ث د ه$ (شكل ٢٢) ثم تقسمه إلى ثلاثة
أهرام ونجعل قاعدة الأول $أ ب ث$ وارتفاعه $ب ه$ فعلى ذلك
يكون حجم قاعدة $أ ب ث$ مضروبة فى ثلث $ب ه$ والثانى
الذى قاعدته $أ ث ف$ ورأسه فى $ه$ يكون مكافئاً للهرم الذى رأسه
فى $ب$ وقاعدته $أ ث ف$ أو الذى قاعدته $أ ب ث$ ورأسه
فى $ف$ ويكون الهرم الثالث الذى هو $أ د ف ه$ مكافئاً للهرم
 $أ د ف ب$ المكافئ لهرم $أ ب ث د$ فاذن يكون منشور
 $أ ب ث د ه$ الناقص مكافئاً فى الحجم للأهرام الثلاثة التى قاعدتها
المشتركة $أ ب ث$ ورواسها المتناظرة فى $د و ه و ف$
على نهاية الأضلاع الثلاثة

فإذا كانت تلك الأضلاع عمودية على القواعد كان حجم الأهرام الثلاثة
والمنشور الناقص هو سطح $أ ب ث \times (أ د + ب ه + ث ف)$

فإذا كان المطلوب لحجم منشور من أولاده $ف$ الناقص (شكل ٢٣)

المحضور بين مستوي مرن و و دهف المائلين على اضلاع المنشور
فانما لاجل ذلك فترض ان ا ب ث يكون عموديا على هذه الاضلاع
فينحصل معنا ما يأتي وهو

$$\text{حجم } \underline{\text{ا ب ث د ه ف}} = \text{سطح } \underline{\text{ا ب ث}} \times \frac{1}{3} (\text{ا د} + \text{ب ه} + \text{ث ف})$$

$$\text{وحجم } \underline{\text{ا ب ث م ن و}} = \text{سطح } \underline{\text{ا ب ث}} \times \frac{1}{3} (\text{ا م} + \text{ب ن} + \text{ث و})$$

فاذن ينتج من ذلك

$$\text{حجم } \underline{\text{مرن و د ه ف}} = \text{سطح } \underline{\text{ا ب ث}} \times \frac{1}{3} (\text{د م} + \text{ه ن} + \text{ف و})$$

ويسهل علينا بواسطة هذه القواعد تحديد حجم الجسم المنتهى باوجه مستوية
بان تقسم هذا الجسم الى مناشير كاملة ومناشير ناقصة مثلثية يستعمل معرفة
حجمها على الفور فيكون مجموع هذه الججوم هو نفس حجم الجسم

ويمكن ان نبرهن مع السهولة على ان حجم كل منشور تام او ناقص مربعي مثل

ا ب ث د ه ف ع ش (شكل ٢٤) اضلاعه عمودية على

قاعدة ا ب ث د هو سطح هذه القاعدة مضروبا في ربع مجموع

الاضلاع الاربعة التي هي ا ه و ب ف و ث ع

و د ش

وبيان ذلك انما اذا قسمنا بالتوالي المنشور المربعي الى منشورين مثلثيين

كمنشوري ا ب ث ه ف ع و ا د ث ه ش ع ثم الى منشوري

أ ب د ه ف ش و ب ث د ف ع ش تحصل معناجم

المنشورين الاولين $= \frac{1}{4}$ سطح أ ب ث د $\times \frac{1}{4}$ (أ ه)

+ ب ف + ث ع + أ ه + د ش + ع ش (

وجم المنشورين الآخرين $= \frac{1}{4}$ سطح أ ب ث د $\times \frac{1}{4}$ (أ ه)

+ ب ف + د ش + ب ف + ع ش

+ د ش)

فاذا اخذنا مجموع هذين الحاصلين تحصل معناجم المنشور المربعي مرتين

$= \frac{1}{4}$ سطح أ ب ث د $\times \frac{1}{4}$ (٣ + ٥١ ٣ + ٣ ب ف

+ ٣ ع ش + ٣ د ش) فاذن يكون حجم المنشور المربعي

في حد ذاته $\frac{1}{4}$ سطح أ ب ث د (أ ه + ب ف + ع ش

+ د ش)

(اجراء العملية في تكعيب قارين السفن)

قد تقدم لنا في الدرس الثاني انه يمكن تقسيم القارين الى قطوع افقية بواسطة

المستويات الافقية من خطوط الماء التي تكون على بعد واحد من بعضها

ويمكن تقسيمه ايضا الى قطوع منتظمة بواسطة مستويات اخر تكون على

بعد واحد من بعضها ايضا وتسمى مستويات الازدواج وتقطع هذه

المستويات حجم القارين الى مناشير مستطيلة متساوية القاعدة وناقصة من

كل جانب ويحصل الحجم الكلي لهذه المناشير الناقصة بضرب قاعدتها

المشتركة في ربع اربعة اضلاع كل منشور الا ان كلاً من هذه الاضلاع

الاربعة يستعمل في اربعة مناشير (ماعدا اضلاع الجوانب فانها لا تستعمل

الا في منشورين فقط ولذلك لا يمكن اخذ كل منها الا نصف مرة وهناك اربعة

اضلاع لا تستعمل الا في منشور واحد فلا يؤخذ منها الا الربع ليضاف الى مجموع

الاضلاع المستعملة في اربعة مناشير) فاذن يكون الحجم الكلي للقارن مساويا لسطح احد المستطيلات اعني حاصل ضرب بعد مستويات خط الماء في بعد مستويات الازدواج وفي مجرد مجموع سائر هذه الاضلاع التي تكون اقفية وموضوعة معا على كل مستويين مستويات الازدواج وعلى مخط الماء وتستعمل هذه العملية التقريبية السهلة الوجيزة في معرفة حجم اي جسم كان وكل جسمين متماثلين يكونان متساويين في الحجم

وبيان ذلك اننا اذا قسمنا هذين الجسمين الى مناشير ناقصة مثلثية اضلاعها الخطوط المتوازية التي تحدد التماثل في شكل منشور ناقص مثل

من و ب د ه ف (شكل ٢٣) موضوع من جهة مستوى التماثل الذي

هو ا ب ث تحصل معنا من الجهة الأخرى منشور م ج و د ه ف

الناقص بشرط ان $د م = م و$ و $ه ن = ه و$ و $ف و = ف و$ فيكون المنشوران الناقصان متساويين في الحجم فاذن يكون مجموع سائر هذه المناشير الناقصة بالنظر للجسم الاول مساويا لمجموع سائر المناشير الناقصة المتقابلة بالنظر للجسم الثاني فعلى هذا اذا كان الجسمان ذوا الوجة المستوية متماثلين $ك$ كان حجمهما $د$ متساويين وحيث كانت هذه الخاصة صحيحة اياما كان عددا لالوجه فانها تكون ايضا صحيحة اذا كان هنالك عدة اوجه صغيرة $ك$ بكون بواسطتها اعتبار الاجسام منتهية بسطوح منحنية لا باوجه مستوية

وبناء على ذلك يكون كل مستوى تماثل اي جسم فاسما لهذا الجسم الى قسمين متساويين في الحجم

(بيان الجسمات المتشابهة)

يكون ه ر ما ا ب ث د و ا ر ث و (شكل ٢٥) متشابهين

اذا كانت اضلاعهما المتقابلة وهي ا ب و ا ر و ب ث و ر ث

و ش د و د و ا د متوازية

وذلك لان من المعلوم ان المثلثات المتألفة من اوجه الهرمين المتقابلة تكون متشابهة اذا كانت اضلاعها متوازية فاذن تكون الزوايا الثلاث المستوية التي يتكون منها رأس كل من الهرمين متساوية كل لتطيرتها وزيادة على ذلك تكون الاضلاع الثلاثة التي يتألف منها كل زاوية مجسمة متوازية اذا طبقنا هرم ا ب د على الهرم الاخر مع التوازي بحيث تكون

نقطة ا واقعة على ا ب و ا على ا ب و ا على ا ب

و ا د على ا د فاذن تكون مستويات ا ب د و ا ب د و ا ب د

و ا ب د و ا ب د و ا ب د منطبقة على بعضها وبناء عليه

تكون زاويتا ا و ا المحسنتين من الهرمين متساويتين وبذلك يبرهن

على ان زوايا ب و ب و ب و ب و ب و ب تكون

متساوية وحينئذ متى تحقق هذا الشرط وهو كون اضلاع الهرمين المتقابلة

متوازية كانت جميع الشروط المعتبرة في تشابه الشكلين متحققة ايضا

فاذا كانت اوجه الهرمين المثلثيين متناسبة بدون توازي اضلاعهما فانهما

يكونان متشابهين

وبيان ذلك انه اذا كانت الاضلاع الثلاثة من كل من اوجههما المتقابلة

متناسبة فان هذه الواجهة تكون متشابهة وتكون الزوايا المستوية متساوية

فاذن تكون الزوايا المجسمة المتألفة من الواجهة ثلاثا ثلاثا متساوية ايضا وتكون

جميع شروط التناسب موفى بها

وكل مجسمين منتهيين باوجه مستوية يكونان متشابهين اذا كانت اضلاعهما

المتقابلة متناسبة وكانت زواياهما المتقابلة متساوية سواء كانت مستوية

او مجسمة

وبرهان ذلك انه يمكن تقسيم هذين الجسمين الى اهرام اضلاعها متناسبة

الى بعضها كنسبة $\frac{1}{2}$ الى مكعب $\frac{1}{8}$ فاذا ضممنا من جهة الاهرام
الصغيرة الى بعضها وضممنا من جهة اخرى سائر الاهرام التي تزيد عنها في الحجم
بقدر $\frac{1}{2}$ اعني ثلاث مرات فان نسبة الججوم الى بعضها تكون
الى $\frac{1}{8}$

ويتبين ان نوضح هذا الدرس للثلامذة بان نبين لهم المنشير والاهرام المجوفة
المتساوية والمتشابهة والمتماثلة الخ ونوضح لهم ايضا الدروس الآتية
بان نبين لهم الاسطوانات والمخاريط والاكر المجوفة مع القطوع المحكمة
العمل

(الدرس الثامن)

(في بيان الاسطوانات)

اذا تحرك خط مستقيم على امتداد خط منحن مثل \overline{ABCD} الخ
(شكل ١ و ٢ و ٣) وكان دآ تماوازيالاتجاه معلوم فانه يتولد منه
اسطوانة ومن ثم يطلق عليه مولد الاسطوانة وكل مستقيم مثل $\overline{AA'}$

و $\overline{BB'}$ و $\overline{CC'}$ الخ يدل على وضع الخط المولد لها فانه يكون احد
اضلاع تلك الاسطوانة

وهناك عدة انواع مختلفة من الاسطوانات بقدر ما يوجد من انواع المنحنيات

مثل \overline{ABCD} الخ التي نستعمل في استقامة حركة خط التولد ويمكن

ايضا ان نصنع بواسطة منحنى \overline{ABCD} (شكل ١ و ٢) عدة

اسطوانات مختلفة على حسب ما في مستقيم $\overline{AA'}$ و $\overline{BB'}$ المولداها من
الانحرافات المتنوعة

وحيث انه يترآى للمهندس ان المستقيم الثام يمتد من طرفه الى ما لا نهاية له لزم

ان تمتد الاسطوانة من طرفي اضلاعها الى ما لا نهاية حتى تكون تامة

ولكن للأسطوانة في الصناعة طول محدود دآتما من طرفي اضلاعها فلذا كان

شكل اسطوانة عند الشائع نهايتان

فإذا كانت الاسطوانة منتهية من احد طرفيها بمسطح **ا ب ث** المستوى
سمى هذا المسطح قاعدة وإذا كانت منتهية من الطرفين بمسطحات مستوية
متوازية كان لها قاعدتان وقد تكون هذه الاسطوانة قائمة (شكل ١)
او مائلة (شكل ٢) على حسب ما تكون عليه اضلاعها من كونها
عمودية او مائلة على مستويي القاعدتين

وفي بعض الاحيان يكون احد المستويين اللذين يحددان الاسطوانة غير مواز
للاخر كما في (شكل ٨) حيث يرى فيه اسطوانة منتهية بمسطحي

ا ب ث د و م ن ح ح المستويين فنفرض بناء على ذلك ان
مستوي **م ن ح ح** هو الذي نشأ عنه نقصان الاسطوانة ذات

القاعدتين المتوازيتين اللتين هما **ا ب ث د و ا ر ش د** ويطلق
ناقص الاسطوانة او الاسطوانة الناقصة على **كل** من جزئي

ا ب ث د م ن ح ح و ا ر ش د م ن ح ح

وإذا كانت قاعدة الاسطوانة دائرة سميت الاسطوانة مستديرة وتسمى عند
الصناعية باسم الاسطوانة فقط لانها هي المستعملة دون غيرها في اغلب
فروع الصناعة

ثم ان خط **و و** المستقيم (شكل ٤) الممتد من مركز الدوائر المستعملة
قواعد الاسطوانة المستديرة هو محور الاسطوانة وهو المار بمركز جميع الدوائر
المحاذة من قطع الاسطوانة بمستويات موازية لمستويي القاعدتين

وعلى حسب خواص المتوازيات (التي تقدم ذكرها في الدرس الثاني) يكون
سطح الاسطوانة على حالة واحدة دائماً مع الضبط اذا كان منشأؤه اما حركة

خط مستقيم أخذنا على التوالي اوضاع **ا ا و ب ر و ب ث**

و د د الخ المتوازية على امتداد **ا ب ث د** (شكل ٣)

واما حركة المنحنى ا ب ث د (شكل ٤) الآخذ ايضا على التوالي

اوضاع ا ب ث د و ا ب ث د و ا ب ث د الخ المتوازية
على امتداد خط مستقيم بحيث تكون نقطة انحناء المنحنى التي هي ا مثلا
شاغلة بالتدريج لاوضاع ا و ا و ا الخ من ضلع ا ا

وقد استعمل ارباب الفنون الطريقتين في احداث الاسطوانة القائمة
والمستديرة وقد يؤثران احدهما على الاخرى على حسب ما تقتضيه حاجتهم
من توسيع هذا السطح اعني الاسطوانة من جهة دون اخرى وهما الطريقتين
المذكورتين

الطريقة الاولى في صناعة الاسطوانة بواسطة الاضلاع
اذا اقتضى الحال توسيع الاسطوانة اتساعا كاملا بواسطة اضلاعها فانه يرسم
في داخل الدائرة او خارجها مضلع ذو اضلاع كثيرة مثل ا ب ث د ه
ثم ترسم مع غاية المضبط عدة اوجه صغيرة مستوية وهي متوازيات اضلاع

ا ب ر ا و ب ث ث ب الخ (شكل ٣) وتكون بقدر
ما في القاعدة من الاضلاع ثم تصلح الاضلاع البارزة بواسطة القارة او القادوم
او المنشار ونحو ذلك مما يصلح من الآلات لقطع السطوح المستوية متتبعين
الاتجاه الطولي من مستقيمت ا ا و ب ب و ث ث المتوازية
وتجعل الاسطوانة مستديرة وبهذه الطريقة تحقق من توفر الشروط في سطحها
لكونه متكونا من اضلاع مستقيمة ومتوازية لكن لا تحقق من كون محيط
السطح الحادث من هذه الاضلاع دائرة لان الاتساع الناشئ عن القارة
والقادوم وغيرهما انما يكون في الجهة المستقيمة من الاضلاع لا في جهة المحيط
المستدير

(بيان اجراء العملية في صناعة صواري السفن) *

ينبغي ان يكون سطح هذه الصواري لاثيبا للصواري العليا (اي الغاية

والبواقي (ممتد من جهة الطول حتى يمكن ترزحلق اطواق الرواجع
(المسماة باطواق التعشق بلا مانع) من اسفل الى اعلا وعكسه حول هذه
الصواري فن ثم يعمل الصانع الصواري على حسب الطريقة التي ذكرناها
انها

الطريقة الثانية في صناعة الاسطوانة بواسطة المنحنيات المتساوية المتوازية
اذا كان المطلوب من مبدء الامر ان يتحقق من الامتداد في الجهة العمودية
على طول الاضلاع فاننا نستعمل اولا المخرطة ونرسم بهامع التوالى عدة دوائر
مثل $ا ب ث$ و $ا ب ث$ و $ا ب ث$ الى آخره (شكل ٤)
حتى يتألف من مجموعها شكل اسطوانى فيتحقق اذن ان السطح المصنوع
كامل الاستدارة ويمتد في الجهة المعترضة ولكن لا يمكن باى وجه من الوجوه
ان يتحقق من الامتداد في الجهة الطولية .

* (بيان صناعة اخشاب الرماح وقضبان الطمار) *

قد شاهدنا في ترسانات انسكلترة انهم يستعملون الطريقة الآتية في خرط
السطوح الاسطوانية وحاصلها ان تأخذ من مبدء الامر منشورا من الخشب
بقدر اربعة اشبار او ثمانية ثم تدفعه في داخل الفارة المستديرة فيجتر دسيه
وتحركه يكون مستديرا بجديد الفارة وبهذه الطريقة يتألف سطح اسطوانى
محكم الاستدارة اذا كان المنشور كامل الاستقامة لكنه يكون غيراين رأسا
اولينا قليلا اذا كان قضيب الخشب مائلا من بعض الجهات
واذا كان المطلوب عمل سطح اسطوانى مع الدقة لزم ان يتحقق من الامتداد
في كلتا الجهتين وهاله ما يمكن عمله وذلك بان توجه آلة الخرط الحادة بواسطة
دليل مواز لمحور الاسطوانة بحيث يكون سن الآلة على بعد واحد من هذا
المحور فاذا ثبت ان سائر الدوائر مساوية لبعضها وان الاضلاع مستقيمة
الخطوط مع غاية الضبط

* (اجراء العملية في التكبيبات والتشبيكات وغيرهما) *

قد تكون الطريقان اللتان يمكن بهما تركيب الاسطوانة من حيث هي مستعملتين في رسم سطوح الضوء الاسطوانية كسطوح التشبيكات والتكعيبات فتستعمل لرسم الاضلاع خيوطا او قضباناً من حديد او اعمدة من خشب او حبال بسيطة ممتدة على خط مستقيم وقد تكون الطارات المأخوذة من مادة واحدة دالة على المنحنيات المتساوية الموازية لقاعدتي الاسطوانة اذا كان قدر هذه الطارات وانحنائها واحداً ثم نلحم او نلصق بواسطة السلوك المعدنية او غيرها الاضلاع والمنحنيات في كل نقطة تتقاطع هي فيها وبذلك يكمل رسم السطوح الاسطوانية ولذا نجعل الابراج واعمة التكعيبات والاقصص والققف وغير ذلك على صورة شكل اسطوانى ويمكن رسم الاسطوانات المعلومية السمن بان نجمع عدة اسطوانات صغيرة بجوار بعضها ونلصقها في الخارج بواسطة طارات او سيور مستديرة وذلك كالزنايل المستعملة في الاشغال الخريية والحرب المضمومة الى بعضها التي يكون القصد منها الزينة او المنفعة او غير ذلك

ومن الفنون ما يكون الغرض الاصلى منه صناعة السطوح الاسطوانية بان ثنى السطوح المستوية المتواضلة (راجع السطوح المنفردة في الدرس العاشر)

فلذا يأخذ صانع آلات الكيل الواحد مصلحة ومعمدة يكون سمكها رقيقاً من جميع جهاتها حتى يمكن انشاؤها على حسب الصورة وابعاد المعايير المتنوعة كالهكتواتر والديكالتروالتر وهلم جرا وكان اسم المدي يطلق على المعيار القديم الاسطوانى المستعمل في كميل الحبوب ويسمى صانعه في اصطلاحهم صانع الماد

ويمكن للصانع ان يتحقق من الصورة الاسطوانية للامداد بان يجعل مقعرها مستويا صلياً كقعر الهراميل وفي الغالب يكون الطرف الاعلى من هذه الامداد محاطاً بدارة من الحديد لها قطر او قطران من الحديد ايضا وهذا هو منشأ عدم اختلاف المعيار وعدم تغير صورته وهيبته

وفي الغالب يصنع النحاس والسكرى بواسطة صفائح رفيعة جدا من النحاس
او الصفائح الابيض او نحو ذلك سطوحا اسطوانية اسهل صناعة من جميع
السطوح المنحنية المطلوب علمها وذلك كتابيب المداخن والمبازيب وغيرها
واذا علم كل من هذين الصانعين قطر كل انبوبة وطولها يسهل عليه عادة
معرفة محيط هذه الانبوبة الذي يعرف به عند ضربه في الطول سطح صفائح
النحاس والصفائح وغيرها اللازمة للصانعين المذكورين

وينبغي ان نضيف اولا الى محيط الانبوبة عرضا يساوى التحام بحرق
كل صفحة يلزم التحامها لاجل تركيب الاسطوانة وثانيا نضيف الى كل
من اطوال الانابيب قدر يساوى طول تعشق طرفها

وينبغي ان تكون قدور الآلات البخارية معدودة من جملة الاشغال المهمة
التي يصنعها النحاس على صورة الشكل الاسطوانى الان قاعدة هذه القدور
تكون غير مستديرة (راجع شكل ٥) ويلزم لاجل جمع صفائح النحاس
المتنوعة التي يتركب منها القدر الكبير استعمال المسامير الاسطوانية او المبرشمة
التي تدخل في الصفائح مع الضبط والاحكام بحيث لا ينفذ منها ولا من الصفائح
الداخله في اجزاء من البخار ويوصل الى ذلك بواسطة اربعة مخاريز او خمسة
تكون على بعد واحد من بعضها ومؤلفا منها قالب واحد يمكن صعوده وهبوطه
على التعاقب بواسطة آلة ميكانيكية قوية جدا وقد تكون الصفحة التي يصنع فيها
الثقوب الداخلة فيها المسامير المبرشمة موضوعة على برواز وهذا البرواز
لا يتحرك عند انخفاض القالب لتكون جميع المخاريز ثابتة للصفحة على البعد
المطلوب واما عند ارتفاعه بعد عمل الثقوب الاسطوانية فتمتد الصفحة على
طول بحيث تكون المخاريز عند انخفاضها ثانيا ثابتة للثقوب الاربعة
او الخمسة الآتية على البعد الموافق للثقوب المتقدمة

وليس استعمال هذه الطريقة مقصودا على مجرد تجهيز جمع الصفائح المعدنية
التي يتركب منها القدور الكبيرة البخارية بل تستعمل ايضا في جمع الصفائح
المستعملة في صناعة غطاء السفن الخارجى المتخذ من الحديد وصناديق الماء

النزالة في البحر المخترعة عن قريب

ولتنبه في شأن هذه الصناديق المتخذة من الحديد التي يكون شكلها مكعبات او منشير مستطيلة ناقصة على ان اضلاع هذه المكعبات والمنشير تكون حادة ومتخذة من صفائح مستديرة على شكل ربع اسطوانة قائمة مستديرة ايضا

ويصنع كل من صانعي الرصاص والمزايير انابيب ذات شكل اسطواناني ولاجل عمل هذه الانابيب يمكن ان تنقح كايثنيتها النحاس والسمكري او تسحب بواسطة المسحبة

(بيان صناعة الاسطوانات)

(بالمد والشحب)

لندكر لك هنا الطريقة المستعملة في ترسانة مدينة قطام لصناعة اسطوانات مجوفة من الرصاص يكون سمكها وقطرها معلومين

وليكن **أ ب ث د** (شكل ٦) هي الاسطوانة المصبوبة التي يكون قطرها هو القطر الداخلي للاسطوانة المجوفة المطلوب تحصيلاها فنصب اولاً حول الاسطوانة اوجول قالب متحد القطر اسطوانة من الرصاص اغلظ واقصر من الاسطوانة المطلوب عملها وتدخل اسطوانة **أ ب ث د** المصبوبة في الاسطوانة المجوفة ثم نمر بالاثنتين في المسحبة التي تضيقها في جميع المرات وبثأثير هذه المسحبة ترق الاسطوانة المجوفة وتبسط اذا كان قطرها الداخلي هو قطر اسطوانة **أ ب ث د** ونجعل لها بالتدريج سمكاً ملائماً لها فيحصل من هذه الطريقة اسطوانات استقامتها محققة في كلتا

الحالتين اذا كانت اسطوانة **أ ب ث د** مصنوعة مع الضبط وقد تكون السلوك المعدنية بحسب سمكها وغاؤها وكذلك قضبان الحديد المستديرة اسطوانات مصنوعة من تحويلاها الى قطر مناسب بواسطة آلة المد والبسط وتدخل عن وسط ثقب مستديرة يطلق عليها اسم المساحب وتصفّر

هذه الثقوب المستديرة شيئاً فشيئاً لاجل جعل سمك القضيب او السلك بالتدريج في كل متر

(بيان صناعة الاسطوانات بالسبك والصب في القالب)

وهي صناعة انابيب الحديد المصبوب المستعملة في الممالك الافريقية لاجل تسليك المياه والغاز والانابيب المستعملة لطلبات المياه والهواء والبخار وغير ذلك

(بيان صناعة الاسطوانات بالثقب)

يكفي في عمل الانابيب صناعة الصب وذلك كلالانابيب المستعملة في جريان المياه التي لا يحتاج فيها الى اشكال محكمة الضبط بخلاف الانابيب المحتاجة للضبط الهندسي كنانابيب الطلبات وكذلك داخل المدفع والابوس والهون فانه ينبغي فيها غالباً اتباع الطرق الصعبة كعملية الثقب (راجع السطوح الدائرية في الدرس الثاني عشر)

(بيان صناعة الاسطوانات بالنشر)

يمكن عمل الاسطوانة بالمنشار وهو على وجهين الاول ان نجعل الجسم المطلوب نشره ثابتاً ونقرب منه المنشار بالتوازي فلا اتجاه معلوم بشرط ان يكون تابعا لمنحن مرسوم قبل ذلك وهذا هو ما يفعله نشارو الطول الوجه الثاني ان نجعل المنشار صاعداً اوهابطاً في اتجاهه الاصلي من غير ان يتقدم او يتأخر ونجعل للجسم المطلوب نشره حركة مماثلة مناسبة وبهذا الوجه تصنع السطوح الاسطوانية في دواليب النشر

(بيان صناعة الاسطوانة عند المعمارجية)

اذا اراد البناؤون عمل سطح اسطوانى كقوسرة الباب والقبة او عين قنطرة او غير ذلك فانهم يصنعون اولاً من الخشب سطحاً اسطوانياً مجوّفاً تجويفاً تاماً متحداً مع محيط القوسرة المطلوب صنعها ويركبون من مسافة الى اخرى

شكلاً كثيراً الاضلاع مثل **ا ب ث د ه** (شكل ٧) يكون داخل محيط القوسرة المذكورة ويجعلون لهذا المضلع عدة من الاضلاع الكبيرة

ليحدث قطع دائرية سهلة الامتلاء بواسطة القوصرة بدون احتياج الى كثير من الاخشاب ثم يملأون هذه القطع بقطع من الخشب يضعون عليها اخشاباً قائمة متلاصقة تظهر من احد اطراف الشكل السابع فيحصل من اعلا هذه الاخشاب السطح الاسطوانى الذى يضع عليه البناءون اجار القبة المعروفة عندهم باسم اجار العقد

(بيان مساحة سطح الاسطوانات)

يمكن ان نعتبر سطح الاسطوانات كتركيب من اضلاع كثيرة يمكننا معرفتها عند رسمها بجوار بعضها على قدر الامكان وان نعتبر الاسطوانة كمنشور منته بعدة اوجه صغيرة ضيقة جداً
وحيث ينبغي ان يكون محيط قاعدته ماضلعا يلتبس علينا بالضلوع المستعمل قاعدة للمنشور

فاذا كانت الاسطوانة قائمة فان سطحها (من غير اعتبار قاعدتيها) يكون مساوياً للمحيط احدى هاتين القاعدتين مضروباً في ارتفاعها ويكون السطح الكلى للأسطوانة القائمة المستديرة وكذلك سطح القاعدتين مساوياً للمحيط احدى القاعدتين المذكورتين مضروباً في امتداد الضلع زائداً طول نصف قطر احدى القاعدتين

ويمكن ان نقطع سطح الطول في منشور $ABCD$ الخ $ا-ب-ث-د$ الخ (شكل ٨) على حسب ضلع $اا$ وندير بالتوالى كل وجه صغير مثل

$ا-ب-ث-د$ و $ث-د-ا-ب$ الخ لنضعه في مستوى $اا-ب$ فيحصل معنا شكل مستو متألف من متوازيات $اا$ و $ب-ب$

و $ث-ث$ الخ (شكل ٩) ومن اضلاع $ا-ب$ و $ب-ب$

و $ث-د$ و $د-ا$ الخ و $ا-ب$ و $ب-ث$ و $ث-د$ و $د-ا$ العمودية على هذه المتوازيات وهذا هو الذى يستدعى ان يكون

ا ب ث د ه الخ و ا ر ش د ه الخ خطين مستقيمين متوازيين وعموديين على اضلاع ا ب و ب ر. وهلم جرا ويطلق على المستطيل المتحصل بهذا الوجه (شكل ٩٠) اسمها انفراد محيط المنشور فيكون سطح المنشور منفردا لان هذا الانفراد يمكن استعماله بدون بسط لاجزاء سطوح

ا ب و ب ر ث الخ او تضيقها لتبقى متجاورة وتصنع سطحا مستويا مستورا وسنذكر لك في شأن سطوح الانفراد دروسا تخصها ومن جملة هذه السطوح الاسطوانات التي يمكن اعتبارها كمناسير اضلاعها لا تنحصر

وتنصنع في الاسطوانة القائمة (شكل ٨) قطعين مائلين متوازيين مثل

م ن ح ح و م د ح غ ثم تقسب السطح الاسطوانى المنحصر بين القطعين المذكورين فيظهر حينئذ ان اجزاء اضلاع م م و ن د و ح ح و ح غ الخ اذا كانت خطوطا مستقيمة متوازية منحصرة بين مستويين متوازيين تكون متساوية فعلى ذلك اذا اعتبرنا الاسطوانة كمنشور له عدة اوجه صغيرة فان سطوح الاشكال المتوازية الاضلاع الدالة على كل وجه صغير تكون هكذا

$$\text{سطح م م د ن} = \text{ا ب} \times \text{م د}$$

$$\text{سطح ن د ح ح} = \text{ب ر} \times \text{ن د} = \text{م م}$$

$$\text{سطح ح د غ ح} = \text{ش د} \times \text{ح د} = \text{م م الخ}$$

فحينئذ يكون سطح م ن ح ح و م د ح غ = ا ب ش د

م م اعنى انه يساوى محيط قاعدة ا ب ش د الخ مضروبا في طول احد اجزاء الاضلاع المحصورة بين المستويين المتوازيين

واذا اريد مساحة سطح الاسطوانة القائمة وهي ا ب ش د الخ

و م ن ح ح الخ (شكل ٨) فانه ينبغي ممد السطح الاسطواناني
بتعيين كل من اضلاع ا م و ب ب ث و ث ح الخ على حسب
طوله ونحدد على المذ (شكل ٩) سطح ا ب ث د الخ
و م ن ح ح الخ

فاذا فرضنا ان الاسطوانة منشورة له عدة اوجه صغيرة متساوية وكان ا ب
= ب ث = ث د تحصل معنا سطح الاسطوانة الناقصة وهي

ا ب ث د الخ و م ن ح ح الخ = ا ب (ا م
+ ب ن + ث ح + د ح الخ) بمعنى ان عرض احد
الاجه الصغيرة مضروب في مجموع اضلاع هذه الاجه

(بيان مساحة حجم الاسطوانات)

اذا اعتبرت الاسطوانة كمنشور مركب من عدة اوجه صغيرة رأيت حجمها
يساوي سطح قاعدتها مضروبا في ارتفاعها

وحيث ان قاعدة الاسطوانة القائمة المستديرة دائرة فمساحتها مساوية لحاصل
ضرب محيطها في ربع قطرها

فاذن يكون حجم هذه الاسطوانة مساويا لمحيط القاعدة مضروبا في نصف قطر
هذه القاعدة وفي ارتفاع الاسطوانة المذ كورة

وحيث ان المنشير المائلة او القائمة التي قاعدتها واحدة وارتفاعها ايضا
واحد متساوية في الحجم فالاسطوانات القائمة او المائلة التي قاعدتها واحدة
وارتفاعها كذلك متساوية الحجم ايضا ويمكن بغاية السهولة تحديد حجم

الاسطوانة الناقصة القائمة المستديرة وليكن ا ب ث (شكل ١٠) الدائرة
المستعملة قاعدة لهذه الاسطوانة و و و محورها فيكون حجم الاسطوانة

الناقصة التي هي ا ب ث ه ف الخ مساويا لسطح القاعدة مضروبا في محور

ووبمعني انه يكون مساويا لحجم الاسطوانة القائمة التي ارتفاعها $و$ و
وبرهان ذلك ان نقرض اسطوانة $ا ب ث ا م ث د$ التي قاعدتها العليا
موضوعة في مركزها وهو $و$ ونقول ان حجمي $ا م د ه و$ و $ث م ن ف$
متساويان ونلاحظ لاجل ذلك من مبدء الامر ان $و ه ي$ مركز دائرة $ا م ث د$
فيقسم قطر $م و د$ هذه الدائرة الي جزئين متساويين

فاذا ادركنا حجم $م د ا ه$ حول $م د$ كادارة اللواب بقدر زاويتين قائمتين فان
نصف دائرة $م د ا$ ينطبق على نصف دائرة $م د ث$ وتكون جميع اجزاء
الاضلاع مثل $ا ه$ الخ منتظمة على اضلاع $ف ث$ الخ وبالجمله فستوى $م د ه$
ينطبق على مستوى $م د ف$ فاذن يكون الجسمان منحصرين بين ثلاثة سطوح
تنطبق على بعضها وبناء على ذلك يكون حجمها واحدا غير ان الاسطوانة
القائمة تزيد على الاسطوانة الناقصة وهي $ا ب ث ه ف$ بقدر $م د ا ث$
وتنقص عنها بقدر $م د ث ف$ فاذن يكون الاسطوانتان متساويتين
في الحجم وقياس احدهما قياس الاخرى

وكذلك يوجد في دائرة $ا و ب$ (شكل ١١) قطاعات بقدر
ما في الاسطوانة من القطاعات التي قاعدتها هي قطاع الدائرة والتي تنتهي من
جهة $ا ب ا$ بنفس السطح الاسطواناني ومن الجهتين الاخرين بمستويين
 $ا ا و و ب ب و و$ المارين بمحور الاسطوانة الذي هو $و و$

وقد تكون قاعدة قطعة الاسطوانة قطعة دائرة $ا ب ث$ (شكل ١٢)
ويكون محيطها اولا جزء $ا ث ب ر ث ا$ الاسطواناني وثانيا مستوى
 $ا ب ر ا$ الموازي للمحور والذي صورته على صورة شكل متوازي
الاضلاع

(اجراء عملية خواص الاسطوانة في تحديد الظلال)

اذا وصلت اشعة الشمس اليها كانت متوازية تقريبا بحيث يتعذر على الآلات

العمودين على بعضهما بشرط ان تكون خطوط المسقط التي هي

١١ و ب - و ث ث الخ العمودية على المستوى الاول موازية

للمستوى الثاني وخطوط ١١ و ب - و ث ث العمودية على

المستوى الثاني موازية للمستوى الاول فاذن يكون مسقطا ا - ث د ه

و ا - ث د ه كافيين في التحديد التام لنحني ا ب ث د ه الخ الحادث

منهما كما ستري ذلك عند تقاطع السطوح

وقد عرفنا انه بواسطة المستوى يمكن تركيب الاسطوانات وصناعتها

وبالعكس بمعنى انه يمكن بواسطة الاسطوانات تركيب المستويات وصناعتها

(بيان استعمال الاسطوانة في الزراعة)

اعلم انه بواسطة الاسطوانة التي نديرها في طريق حدثت فيها الرمال عن قريب

او على خضرة اوارض محروثة حرثا جيدا نهد الاجواء البارزة حتى

تساوي الاجزاء المنغمسة اي الداخلة ونهد الارض حتى يحدث عنها

سطح مستو

(بيان استعمال الاسطوانة في ترقيق الفطير)

يستعمل الخباز اسطوانة من الخشب تسمى بالنشابة وذلك بان يدحرجها

ويضغطها ويدفعها بيديه كي يرقق بها العجين حتى يصير منتهيا من اعلاه

واسفله بسطوح مستوية

(بيان الاسطوانات المركبة اعني آلات الجليخ)

يستعمل في احداث سطوح مستوية اسطوانتان مركبتان يكون محوراهما

متوازيين وهذا تم نفعهما من استعمال اسطوانة واحدة وليكن

ا ب و ا - (شكل ١٥) هما محور الاسطوانتين المركبتين بشرط

ان يمكن قربهما او بعدهما عن بعض على حسب المطلوب فاذا كان المحوران

موازيين لبعضهما مع الاتقان وكانت الاسطوانتان مصنوعتين مع الضبط

المطلوب فانهما يكونان دائما على بعد واحد من بعضهما واذا مررنا بعد تمام

ذلك بين الاسطوانتين بلوح معدني او شئ آخر من المعادن قابل لتتميد
فان هذا اللوح يؤول الى السلك المعين بالبعد الاقصر الموجود بين الاسطوانتين
المذكورتين

فاذا قربتا الاسطوانتين من بعضهما يسيرا بعد مرور اللوح بينهما اول مرة
انخرجه ثانيا بينهما فالتباعد تمهيدا مساويا ومناسبا لهذا القرب واذا عادينا
على هذه الطريقة وتبعنا هاتين الاسطوانتين نرقق اللوح شيئا فشيئا ترققا مناسبا
للسلك المطلوب وهذه هي فائدة آلات الجملج

(بيان استعمال الاسطوانات في عمل الورق)

قد احدثت الصناعة في هذا المعنى جملة عمليات من خواص الاسطوانات
وهي ان كل اسطوانتين مغطاتين بابلوخ يضغطان مادة الورق ويجعلانها
فرخا مستطيلة على قدر المطلوب ولهذا كان يسمى بالورق الجائر
(بيان استعمال الاسطوانات في صناعة الطبع)

نضع حروف الطبع اللازمة لطبع اي فرخ كان على اسطوانات ذات قطر كبير
وتكون هذه الاسطوانات متحدة مع اسطوانات اخرى مغطاة بالجلد
ومدهونة بالخبر الذي تلقى منه كمية معلومة على حروف الطبع ثم تمر بفرخ من
الورق المصقول بين هاتين الاسطوانتين اللتين عليهما الحروف فينطبع فيه
صورة تلك الحروف وهذه الطريقة التي يحصل بها الطبع مع غاية السرعة عامة
النفع لاسيما في نشر الجرائد التي يلزم جمعها ونشر اوراقها في مدة قليلة من
الزمن ولو بلغ ما بلغ مقدار النسخ المطلوبة من هذه الجرائد
وتستعمل هذه الاسطوانات ايضا في رسم جملة من الاشكال على الاقشة
وكيفية ذلك ان تنقش على اسطوانات متحدة من النحاس الالوان المطلوب
طبعتها

(بيان طبع الليتغرافية على الحجر)

لا تستعمل في الملازم الليتغرافية الاسطوانة واحدة وذلك بان يكون الفرخ
المطلوب طبعة منضوعا على الحجر بعد تمام الرسم وتنقشه بالخبر ثم تمر عليه

السطوانة اخرى فتؤثر فيه تأثيرا متساويا في كل جزء من اجزائه فينشأ عن ذلك
تسوية الطبع وظرافته

(بيان الطبع بالنقش)

اذا اريد النقش بالواح من النحاس فانتشر بكل من اللوح المستوي وفرخ
الورق الذي تنطبع فيه النقوش بين اسطوانتين يضغطان احدهما فوق
الآخر

(بيان استعمال الاسطوانات المزدوجة)

(في صناعة الحديد وجعله قضباناً)

بعد أن نسخن كتلة من الحديد الغشيم تسخيناً جيداً على حسب الطريقة
القديمة المستعملة الى الآن في سائر بلاد أوروبا لصناعة الحديد نضعها على
سندال ثم ندق عليها بمطرقة ثقيلة تنفي خبث الحديد الذي في هذه الكتلة
فيحدث بواسطة هذه المطرقة مناسير او قضبان من الحديد تكون صورتها
تامة وناقصة على حسب تأثير المطرقة فيها وقد استعمل الانكليز منذ
سنوات الاسطوانات المزدوجة لتكون مع الانتظام التام عوضاً عن شغل
المطرقة الخشبي وذلك بان نقرض زوجين من الاسطوانات المضلعة بحيث يتولد
عنهما انفراجات تكون اشكالها على هيئة الاشكال المعينة الصغيرة
بالتدرج كما في (شكل ١٦) او على صورة الاشكال المستطيلة القليلة
العرض مع التدرج ايضاً كما في (شكل ١٧) وبعد ان نضلع الكتلة المذكورة
بالمطرقة على قدر الامكان نمربها بين الاسطوانتين وعلى انفراجات
١ و ٢ و ٣ التي تنقص غلظ تلك الكتلة وتجعلها قضباناً مربعة او مستطحة
ولهذه الطريقة منفعة عظيمة في كونها تبسط مع الانتظام التام الحديد وتمده
وقد شرعوا في استعمال هذه الطريقة في بلاد فرنسا لكن لسوء الحظ
لم تستعمل الا في قليل من الورش الصغيرة جداً

(بيان استعمال الاسطوانات في ندف القطن)

قد استعملت الاسطوانات مع النجاح في ندف القطن والصوف وكذلك في تحليل

التيل والكتان

وقد تكون الاسطواناتان الموضوعتان بالتوازي (شكل ١٧) مشعورتين باضراس مسننة مغروسة مع الانتظام على سطحيهما بحيث تدخل اسنان احدهما بالسهولة بين اسنان الاخرى وعند ما يدخل القطن او الصوف او الكتان او التيل بين الاسطواتين المذكورتين اللتين يتحركان بحركة مضادة او متحدة الا انهما يختلفان في السرعة تمتد خيوط هذه الاشياء بالتوازي ويتألف منها عند بروزها من الاسطواتين طارة مستوية تسمى آلة الندف

(بيان استعمال الاسطوانات في غزل القطن) *

(والتيل ونحو ذلك)

كيفية ذلك أن نؤلف اسطوانة قائمة مستديرة مثل **أ ب** مع اسطوانة مخططة مثل **ث د** (شكل ١٥) فتكون الخيوط مشدودة بين اسطواتين اوليين وتكون ايضا مشدودة مع السرعة بين اسطواتين اخريين موازيتين للاوليين فينشأ عن ذلك امتداد جزء الخيط الموضوع بين زوجين من الاسطوانات بالنسبة لاختلاف سرعة زوجين آخرين منها فاذا امتدت الخيوط بهذه الكيفية صارت رفيعة جدا وهذا هو احدى الفوائد العظيمة الموجودة في آلات الغزل المستعملة الآن .

وحيث كانت صناعة الاسطوانات والمخططة من جملة العمليات النفيسة في الصناعة فهي مستلزمة للضبط والاحكام ثم ان خطأ التوازي الموجود في التخطيط واحتمال اقطار الاسطوانات وان كانا قليلين جدا الا انهما يحدثان في الخيوط الرفيعة اختلافا ينشأ عنه انعدام ثمره متانة الخيوط والتساوي الملايم لرقتها

(بيان تخطيط الاسطوانات) *

يستعمل لأجل ذلك آلة صالحة لتقسيم الدائرة إلى اجزاء متساوية على حسب الطرق التي تكلمنا عليها في الدرس الثالث

وبعد ان بين الانسان عدد التخطيط ويقف على دائرة التقسيم الناشئ عنها هذا العدد يتبدى بعمل تخطيط اولي بواسطة آلة قاطعة تتوجه على امتداد دليل مواز مع الصحة والضبط لمحور الاسطوانة ثم ترجع القهقري وبعد عمل التخطيط الاول تقدم دليل تقاسيم الدائرة من نقطة معلومة فتظهر الاسطوانة في وضع مناسب لعمل التخطيط الثاني الذي يعمل ايضا بواسطة هذه الآلة القاطعة وهم جرا

وفي الغالب تركيب الاسطوانات بطريقة اخرى وذلك بان ندخل اسطوانة مجسمة في اسطوانة مجوفة كما في حركة المكباس في الطلبات (شكل ٢٠) وحركة السدادة في الزجاجة وحركة جزئ الابارة (شكل ٢١) او علبة النشوق المستديرة (شكل ٢٢) وغير ذلك

ويستعمل في ذلك ايضا الاسطوانات المجوفة المتعشقة ببعضها مع الضبط كما في النظارات التي تنظر بها الالعاب ونظارات البحارة التي تبسط على حسب المطلوب كما في AB (شكل ٢٣) وتنقبض كما في AC فاذن يتضح لنا ان سهولة حركة تعشق آلات هذا النوع وضبطها تتعلق باستكمال صناعة كل اسطوانة مجوفة داخلية كانت او خارجية

ثم ان الانكليز يجمعون بواسطة تعشق الاسطوانات الخطوط الطويلة من الانابيب المستعملة لتسليك مياه مدنهم وقد يمتد الحديد امتدادا محسوسا بالكلية عند شدة الحرارة وينقبض انقباضا مضاهيا لامتداده عند ضعف هذه الحرارة فاذا كانت الانابيب موضوعة بالتحريير على طول عظيم بدون ان تتحرك اطرافها بلا مانع فانها تنكسر فتعين لأجل اجتناب هذا الضرر احد طرفي كل انبوبة باسطوانة مثل اسطوانة AB التي هي اعرض من جسم انبوبة CD (شكل ٢٤) وندخل في هذا الجزء العريض طرف الانبوبة الصغير الذي هو M وهذا الادخال كناية عن كون الانبوتين يمكن ادخال احدهما في الاخرى وان كان هناك الختام يجمع

بينهما وبصير ان مائتين بهذه الكيفية سواء كان ذلك بواسطة الانقباض
او الانقباض المتولد من تغير الحرارة

(الدرس التاسع)

(في بيان السطوح المخروطة)

السطح المخروط مثل ض ا ب ث د ه (شكل ١) يرسم
بواسطة خط مستقيم مارداً بمائتين نقطة ض ومتكئ على ا ب ث د ه
فتكون مستقيمت ض ا و ض ب و ض ث الخ هي اضلاع
المخروط وتكون نقطة ض رأسه

ففي الصورة التي يكون فيها رأس ض ومنحنى ا ب ث د ه على
مستوى واحد يكون سطح المخروط هو سطح المستوى المذكور ولذا اذا دار فرس
في الميدان فان النير الذي هو خط مستقيم ممتد من عمود الميدان الى النقطة
التي يربط فيها الفرس المذكور يرسم مخروط ض ا ب ث د الخ
(شكل ٣) وهذا اذا كان الرأس خارج منحنى ا ب ث د الخ
المقطوع بنقطة ر يربط الفرس فاذا كان النير اقرباً كان هذا المخروط مستويا
لان رأس ض موضوع في مستوى دائرة ا ب ث د التي يقطعها
الفرس فاذن تكون اضلاع ض ا و ض ب و ض ث الخ
انصاف اقطار لهذه الدائرة

ثم ان المهندس يعتبر المخروط (شكل ١) كسطح منحني ممتد من كلا
طرفيه الى ما لا نهاية له وكذلك الخطوط المستقيمة التي هي اضلاعه والمخروطان
المتحدان من جزمي كل ضلع الموضوعان امام الرأس وخلفه يعتبران ايضا
كسطح واحد منحني ويقال لهذا الرأس مركز المخروط لكون المخروطين
المذكورين يكتنفانه من الجهتين السابقتين

وقد استبان لنسب من الصناعة بعض امثلة من هذه المخاريط الكاملة اى

المزدوجة فن ذلك المنكاب (شكل ٢) المستعمل في السفن لمعرفة الزمن فانه متركب من مخروطين منتظمين على الوجه المبين في الشكل المذكور وبعد مضي مدة مجعولة وحدة للزمن ينزل الرمل بتمامه من المخروط الاعلا الى المخروط الاسفل ثم يعتد من وحدات الزمن بقدر مرات ادارة المنكاب

وفي القنون يكون للمخاريط امتداد محدد دائما ولا يعتبر منها على الاطلاق
الاجزاء واحد كطية ض ا ب ث د (شكل ١)

فاذا كان المخروط منتها بمسطح مستو مثل ا ب ث د ه (شكل ١) فانه يطلق على هذا المسطح اسم قاعدة المخروط وتقرض في هذا الدرس ن كل مخروط يكون منتها بقاعدة مستوية

فالمخروط القائم المستدير او المخروط المنتظم الذي هو اسهل المخاريط هو الذي تكون قاعدته وهي ا ب ث د ه ف (شكل ٣) دائرة ويكون رأسه وهو ص موضوعا على محور الدائرة المرموز اليه بخط

ض و المستقيم وهذا الخط ايضا هو محور المخروط وتكون قاعدة المخروط المستدير المائل (شكل ٥٠) دائرة الا ان اضلاعه لا تكون مساوية لبعضها ولا يكون خط ض و المستقيم الممتد من الرأس الى مركز القاعدة عمودا على مستوى هذه القاعدة

وحيث كانت اضلاع ض ا و ض ب و ض ت مائلة ومتساوية البعد من خط ض و العمودي على مستوى الدائرة في المخروط المنتظم (شكل ١٤) فانها تكون متساوية فاذن تكون جميع اضلاع هذا المخروط متساوية ايضا ويقا لف منها مع المحور زاوية واحدة

ولنفرض ان هنالك مخروطا حادثا من عمليات القنون نرسم عليه عدة اضلاع دقيقة بحيث لا يظهر منها سوى منظر سطح كامل الامتداد مشحون بخطوط صغيرة الابعاد بحيث يعتبر علينا مشاهدتها وهذا السطح المركب من عدة مثلثات مستوية صغيرة موجودة بين عدة اضلاع مختلفة ليس مغايرا للمخروط الهندسي فاذا اخذنا واحدا من هذين السطحين عوضا عن الآخر وكان فيه خطأ فان ذلك الخطأ يكون قليلا جدا بحيث لا يمكن رؤيته وبصير كلا شئ بالنظر الى الصناعة

وبناء على ذلك يعتبر المخروط دائما كالهرم ذي الالوجه الكثيرة المثلية التي يكون عرضها صغيرا جدا وارتفاعها مختلفا بطول الاضلاع فاذا كانت مساحات السطح والحجم المختصة بالاهرام (درس ٧) مستعملة في المخروط بالامانع

فاذا كان المخروط القائم المستدير هراما منتظما فانه يحصل اولا ان مجموع سطح الالوجه اى السطح المنحنى من المخروط القائم المستدير يساوى حاصل ضرب محيط قاعدته في نصف ضلعه وثانيا ان مجموع السطح المنحنى المستدير ووسط سطح قاعدة المخروط القائم يكون مساويا لمحيط القاعدة مضروبا في نصف ضلعه زائدا ربع قطر القاعدة ويكون حجم اى مخروط كان مساويا لحاصل ضرب ثلث ارتفاعه في سطح قاعدته

فاذا قطعنا المخروط بمستوى مواز لقاعدته فولد من ذلك مخروط ناقص تكون مساحته سطحه وحجمه ايضا كمساحة الهرم الناقص وحجمه ووسط سطح المخروط الناقص المنتظم يساوى نصف مجموع محيط قاعدتيه مضروبا في طول الضلع المتحصر بين هاتين القاعدتين

وبرهان ذلك اننا اذا قطعنا هراما بمستوى مواز للقاعدة (شكل ٧) فان الهرم الصغير المنفصل بهذا القطع يكون مشابها للهرم الاكبر فاذا كانت هذه الخاصية صحيحة ولو بلغت اوجه الهرم الاكبر في العدد ما بلغت كانت صحيحة ايضا في المخروط وكذلك في سائر ما يتولد عنه من النتائج فاذا نتج لنا اولا

وبعد ان ينالك الاقيسة اللازمة لسطح المخروط وحجمه نبحث عما يستعمل
من هذه المخاريط في القنون فنقول .

قد يستر المعمار والنجار العمارات المستديرة بخاريط قائمة مستديرة (شكل ٨) يكون محورها هو محور العمارة المذكورة ويصنع الطوب بحجية مدافعهم على صورة عدة مخاريط ناقصة تكون قاعدتها الكبرى جهة البورمة وهي اسفل المدفع وكذلك صانع البرانيط يجعل قوالب البرانيط المعدة لرجال الافرنج ونسائهم على شكل مخروط تام او ناقص ويجعل اطرافها مستوية او منحنية ولذا كانت البرانيط التي بمرت عادة الفرنج ياخذها للزينة والرفاهية تتنوع بتنوع ابعاد هذا المخروط التام او الناقص وتنوع الطرف ايضا راجع (شكل ١٠ و ١١ و ١٢)

ويحدد صانع المزامير الجزء الاسفل من انابيب الاسطوانية بمخروط ناقص مثل

اب ض ط (شكل ١٣) وتكون الانابيب التي نغماتها كنغمات

النغير ومجموعها يقال له حركة النغير وهو **اب ض ط** (شكل ١٤) مصنوعة بوجه تام على شكل مخروط ناقص

ويجسم المعمار لأجل المتانة اعمدة بانيته من مبدء القاعدة الى ثلث ارتفاعها بان يتقن منها دائما طول القطر من مبدء القاعدة المذكورة الى الجزء الذي يكون عليه رأس العمود فاذا اريد صناعة اعمدة مرتفعة جدا بحيث لا يمكن اقتناؤها من حجر واحد فاقسم صورها ونقسمها الى عدة اجزاء بواسطة جملة مستويات متوازية ثم نعتبر تلك الاجزاء المختلفة التي قسمنا اليها تلك الاعمدة مخاريط ناقصة (شكل ١٥) ونقطع حينئذ كلام من هذه الاجزاء المسماة بالخرجات ونجعلها مخاريط ناقصة بسيطة

وقد يجعل مهندس السفن صواوي سفنه على شكل الاعمدة بان يتقن منها على التدريج طول اقطارها من مبدء القاعدة الى الرأس وفي صناعة المخروط كثير من الطرق المشابهة للطرق المستعملة في صناعة الاسطوانة

فيمكن من مبدء الامر تأليف كثيرا لاضلاع المنتظم الذي هو **اب ث د ه**

(شكل ٣ و ٥) من عدة اضلاع ويمكن عمل كل وجه من الواجه المستوية

التي هي ض ا ب و ض ب ث و ض ث د الخ على حسب الطرق التي سبق ايضا جهها في الدوس الخاص بالمستويات

فاذا لم يكن هناك الا مخروط قائم مستدير ناقص مثل ا ب ث د الخ و ا ر ث عوضا عن مخروط تام فإنه ينبغي ان نبتدئ بصناعة وجهي

ا ب ث د الخ و ا ر ث المستويين (شكل ١٦) المتوازيين

توازيا تاما ونرسم في هذين المستويين تقطعي و و بان يكونا على مستقيم عمودي على المستويين المذكورين ثم تمد من هاتين النقطتين

مستقيمي و ا و و ا المتوازيين اللذين طولاهما كطول انصاف اقطار

دائرتي ا ب ث د ه و ا ر ث د ه المطلوب رسمهما

وبعد تمام ذلك تقسم المحيطين الى اجزاء متساوية ونمد من تقطع التقسيم التي هي

ا و ب و ث و د الخ و ا و ر و ث و د الخ اعدة

على نصف القطر لاجل تأليف مضلعين مستقيمين محاطين بدائرتين ونصنع

الواجه المستوية على اشكال شبيه المنحرف بحيث تكون قاعدتاها السفلى

والعلوية اضلاع المضلعين المذكورين وهي ا و ٢ و ٣ و ٤ و ٥ و ٦ و ٧ و ٨ و ٩ و ١٠ و ١١ و ١٢

و ١ و ٢ و ٣ و ٤ و ٥ و ٦ و ٧ و ٨ و ٩ و ١٠ و ١١ و ١٢ الخ وعلى هذا المنوال

نصنع هرما ناقصا محاطا بالمخروط فاذا تقصنا اضلاع ا و ١ و ٢ و ٣ و ٤ و ٥ و ٦ و ٧ و ٨ و ٩ و ١٠ و ١١ و ١٢

الصالحه لتمهيد تلك الاضلاع واصلا جهها حتى مست الواجه الجديدة

المستوية المطلوب عملها الدائرتين فحصل معنا ايضا هرم ناقص له وجهان

او عدة اوجها اكثر من الاول ويكون اقرب شبا بالمخروط فاذا تمامنا على

تمهيد الاضلاع واصلاحها كان شكلها دائريا يقرب من الشكل الحقيقي

للمخروط حتى نصل في ضبط ذلك الى الدرجة الموافقة لعمليات الصناعة

ثم ان الطريقة التي ذكرناها اتفقا ليست الا طريقة تقريبية فينبغي سلوك طرق اخرى في صناعة المخروط مستمرة لا تنحرم اصلا

وحاصلها انه يمكن صناعة سطوح مخروطية بواسطة المخرطة وذلك بان توجه الآلة القاطعة وهي ح (شكل ١٧) الى دلائل م ن القائم الثابت الموازي

لضلع أ ح فتسعى تلك المخرطة في كل وضع من الآلة المذكورة دائرة محورها الخط المستقيم الذي يمر بطرفي المخرطة المذكورة ويتكون من مجموع الدوائر

المرسومة بهذه الكيفية سطح مخروط مثل ض أ ب ث (شكل ١٧)

وبذلك يحدث معناد وامة ض أ ث (شكل ١٨)

ويمكن صناعة المخروط القائم المستدير بإدارة الخط الراسم اى المحدث حول

محور ض و (شكل ٣) ويحدث عن هذا الخط دائما زاوية واحدة

مع المحور المذكور (راجع الدرس الحادى عشر)

وبهذا البيان يمكن احداث اى مخروط بواسطة خط مستقيم متحرك يمر دائما بالنقطة المجدولة رأسا

* (بيان استعمال آلة التصوير) *

تستعمل هذه الآلة لنقل صورة أ ب ث د الخ مع الضبط والاحكام

بان يدور قضيب قائم حول نقطة ض الثابتة ويسكأ باحد طرفيه على الرسم

الجانبى وهو أ ب ث د المذكور ويسند الطرف الاخر الذى فيه قلم

الرصاص المسنن على ورقة مستطيلة يكون مستويا موازيا لمستوى الصورة

فان كان يكون المنحنى وهو أ ب ث د الخ المرسوم بالقلم المذكور مشابها

للرسم الجانبى وهو أ ب ث د الخ

وبرهان ذلك ان نمذ و ض و (شكل ١٩) عمودا على المستويين

المتوازيين من الرسم الجانبى وصورة فيكون و و هما النقطتان

اللتان يتلاقى فيهما العمود المذکور مع هذين المستويين وفرض ان القضيب
المستقيم المستعمل في رسم الصورة في وضع من اوضاع تلك الصورة مثل

ا ض ا و غ د و ا و ا فنقول ان مثلثي ا ض و و ا ض و
المستطيلين متشابهان وذلك لان زاوية ا ض و تساوي زاوية ا ض و
لانهما متقا بلتان في الرأس وزيادة على ذلك با و و ا و متوازيان
فاذن يكون مثلثا ا ض و و ا ض و متشابهين ويتحصل معنا
هذا التناسب وهو

ض و : ض و :: ض ا : ض ا :: و ا : و ا ونبرهن
ايضا على ذلك فنقول ان

ص و : ص و :: ض ا : ض ا :: ض ب : ض ب ::
ض ث : ض ث :: ض د : ض د :: و ا : و ا :: و ب : و ب ::
و ث : و ث :: و د : و د :: و ه : و ه ::

فاذن تكون خطوط و ا و و ا و و ب و و ب و و ث و و ث و
الخ متوازية مثنى ومثنى على ذلك يكون ا ب ث د ه ف الخ
و ا ر ث د ه ف الخ شكيلين متشابهين وتكون خطوطهما المتناظرة
موازية ومناسبة لابعاد نقطة ض ه الثابتة والمستويي الرسم الجانبي
وصورته فاذن يكون ذلك الرسم وهو ا ب ث د وصورته وهي ايضا
ا ر ث د متشابهين

وهنا السطوح مرسومة بطبيعتها على صورة سطوح مخروطة ترسم بالة
التصوير المسماة فيزيونوتراس. ولسمها بهذه الصورة ناشئ عن الاشعة

الخارجية من كل نقطة من تقط الضوء فان هذه الاشعة تدخل في العين بواسطة
الحدقة وتتقاطع في نقطة **ض** (شكل ٢٢) حتى تصل الى سطح
ح المسمى او الياف العين المشبكة بالشبيكة وهذه الالياف هي الصورة
التي تنطبع فيها المحيطات الطبيعية وتبقى فيها الوان الاشياء على ما هي عليه
وقد ينتقل هذا التأثير الحاصل في الياف العين المذكورة الى الوتر البصري
فيجوله الى الدماغ الذي هو محل العقل

فعند ذلك يتم عند الانسان وعند اغلب الحيوانات وضع النظر العجيب
بواسطة السطوح المخروطية المرسومة في الفراغ وفي داخل العين بواسطة
اشعة الضوء التي تحدثها الاجسام المضيئة في سائر الجاهات بنفسها وبواسطة
الضوء المنعكس في جميع الجهات

ثم ان جميع الكواكب المضيئة التي تظهر في السماء مدة ليلة صحيحة وكذلك
سائر الاجسام التي يتولد منها صورة متسعة في يوم صحو تظهر في رأى العين
بجميع نسبها واشكالها والوانها وتنوعاتها بواسطة المخاريط التي ذكرنا
وضعها

* (بيان الاوضة المظلمة) *

ثم ان ارباب الفنون والصنائع قد ينسجرون في صناعتهم على منوال ما ابتدعه
القدرة الالهية فمن ذلك انهم اذا ارادوا رسم اوضة مثلا جعلوها على صورة
حدقة العين كيلا يدخل فيها الضوء الا بواسطة زجاجة محدبة من الوجهين
على شكل عدسي يشبه حدقة العين التي هي **ض** (شكل ٢٢) فيحول
الضوء الاجسام والوانها واشكالها وحركاتها الى جوانب هذه الاوضة
كما يحولها الى الياف العين المشبكة وهي **ا-ب-ج** فاذا طقمنا هذا
الضوء على ورقة امكن رسم محيطات هذه الاجسام التي يرسمها ذلك الضوء
وتحصل الوانها وظلالها واضوائها

واذا لم يمكن ان الاشعة الخارجة من نقطة **ض** المنقردة (شكل ٢٠)

التي تقابل سطح ا ر ث د ه ف المظلم تتجاوز هذا السطح فان الاشعة التي ترسم محيط السطح المذكور تمتد وتصل في امتدادها جزء الفراغ المضيء بواسطة الجسم المضيء من جزء آخر محجوب عن الضوء بواسطة الجسم المظلم ويقال لهذا الجزء المحجوب عن الضوء ظل الجسم المظلم مثلاً اذ كان سطح او جسم مظلم موضوعاً امام كوكب مضيء فان ظل السطح او الجسم المذكور يكون محدداً بـ سطح مخروطي رأسه ذلك الكوكب المضيء
 * (بيان الصورة الخيالية) *

اذا اردنا ان نرسم على اى مستو كان صوراً مشاعية لرسم جانبية مفروضة استعملنا في ذلك خاصية الاشعة المضيئة وذلك بان نضع (شكل ٢٠) الرسم الجانبي الذي نريد النسخ على منواله وهو ا ر ث د ه ف الخ في مستو مواز للمستوى الذي يراد رسم الصورة عليه فاذا كان هنالك نور كنور الشمعة مثلاً موضوع على بعد مناسب صار ذلك النور رأس المخروط الذي تكون قاعدته الرسم الجانبي المطلوب اخذ فتمتد المخروط الى مستوى الصورة بحيث يرسم هذا المخروط على المستوى المذكور قاعدة جديدة كقاعدة ا ب ث د الخ مشابهة للاولى ومحددة بالمحيط المجمعول حدّاً للظل الذي تنقله الصورة وهذه القاعدة هي صورة الرسم الجانبي الخيالية وما قدمناه في شكل ١٩ من الحروف الدالة على آلة التصوير اثبتناه ايضاً لشكل ٢٠ الدال على الظل المنقول لان البرهنة التي ذكرناها في شكل ١٩ تجري ايضاً في شكل ٢٠ مع غاية الضبط والنتيجة في كل واحدة .

* (بيان الخيال الظلي) *

قد استحسن في تسليّة الغلمان وتعليمهم استعمال خاصية السطوح المخروطية لانها تحدث على مستو مفروض رسماً جانبياً صحيحاً من شكل واحد او عدة اشكال حتى ان الضوء المنفرد تستضيء به صور متخذة من الما قوى او صور اشخاص حقيقية ويتعكس به ظن الألعاب التي يصنعها هؤلاء الاشخاص

على ستارة تحجب ما وراءها ويدخل الضوء بواسطتها في الاجزاء المضيئة لتكون
 مميزة في عين الناظر عن الاجزاء الموضوعة في الظل تميزا تاما وهذه الاجزاء
 الاخيرة هي قواعد السطوح المخروطية التي رأسها السراج او غيره من
 الاجسام المنيعة خلف الستارة واضلاؤها تتركز بالرسم الجانبي من الاشخاص
 المطلوب معرفة وضعهم وصورتهم

فاذا كان جسم أ ب (شكل ٢١) الذي ظله وهو م ن منعكس

على ستارة ر ر يبعد عن النقطة المضيئة وهي ض ويقرب من ا ب
 فان الظل المنعكس بواسطة أ ب ليس الا ظل م ن وهو ناقص
 دائما وبهذه الطريقة اذا مكث الجسم المضيء على حالته الاولى فانه يكفي
 في تنقيص امتداد الظل ان نقرب الجسم المرسوم من الستارة بخلاف
 ما اذا بعد عنها فان الظل المذكو ر ر يمتد على التدرج وكذلك
 في صورة العكس بمعنى انه اذا جعلنا الجسم المرسوم قارا ثابتا والجسم المضيء
 هو الذي يبعد او يقرب من الستارة فان الظل المنعكس ايضا يزيد
 وينقص

واذا بقي كل من التغير الموجود في مقدار الظلال وتغير الالاعاب المتولد عن
 حركة تلك الظلال على حالة واحدة فانه يترتب عليهما فائدة الالاعاب المذكورة
 وقد تقتضي خواص السطوح المخروطية ان نجعل ما يلايم هذا اللعب النظري
 من الاشياء والنسب رسوما هندسية محكمة الضبط ولنتكلم الآن على
 عمليات اهم من عمليات الخيال الظلي فنقول

(بيان قاعدة علم المنظر)

اذا وجه من نقطة ض الثابتة (شكل ٢٢) سائر الاشعة النظرية
 الممكنة على خط أ ب ض د المنحنى تكون من هذه الاشعة مخروط
ض أ ب ث د واذا صنعنا قطباع ا ب ث د في هذا المخروط

بواسطة م ن فان هذا الشكل الذي هو ا ب ث د تكون
صورته على مستوى م ن كصورة ا ب ث د اي كمنظره وتنطبق
صورته في النظر بمعنى انه يحدث على الياف العين المشبكة صورة
ا ب ث د لان خطوط ض ا و ض ا و ض ب و ض ب
و ض ث و ض ث وهلم جرا المستقيمة تختلط بيدهما فتش
فاذن يكون الغرض من علم المنظر تحصيل صورة الاشياء كما يحدثها على الياف
العين المشبكة عند رؤيتها من نقطة ض فاذا كانت هذه الاشياء ناشئة
عن جسم او عن منظره عسر علينا في الغالب تمييزها ورمها خطأ ناعند رؤية
ما شابهها وذلك يكون عند الاعتناء بهذا الفن وهذا هو منشأ انشراح الصدر
وانبساط النفس الذي يحدث للناظر عند مشاهدة المناظر المحركة
الصناعة

واذا لم تكن عين الناظر في نقطة ض فان مخروط ض ا ر ث د تتغير
صورته ولا يحدث على الياف العين المشبكة صورة مشابهة للصورة التي
تحدث عن نفس الجسم وهذا هو التأثير الغير المقبول الذي يحصل للانسان
كثيرا او قليلا متى جعل نظره في وضع مخالف للنقطة النظرية وانما سميت
النقطة المذكورة بهذا الاسم لانه بواسطة ايشاهد المنظر ليحظى الانسان
بثمرة تأثيره ويتمتع بها كل التمتع

وقد ينشأ عن منظر الخطوط المنحنية اشكال مخروطية وعن منظر
الاشكال المضلعة اهرام بواسطة اجتماع الاشعة النظرية من الخطوط
المستقيمة الممتدة من العين الى محيطات هذه الخطوط المنحنية
او المضلعات

فاذا اعتبرنا مضلعا منتظما يكون موازيا لمستوى الصورة واعتبرنا ايضا
ان الشعاع النظري الممتد من مركز المضلع المذكور يكون عموديا على

المستوى المذكور فان المنظر يكون مشابها للمضلع المذكور وتكون الصورة المرسومة على الياف العين المشتبكة هي نفس المضلع المنتظم لكن اذا رسمنا منظر هذا المضلع ونغيرنا وضع نقطة النظر كانت الصورة التي ترسم في الالياف المشتبكة غير منتظمة ويترأى لنا ان المضلع ممتد من جهة ومنقبض من الجهة العمودية

فاذا لم يكن الشكل المطلوب رسمه موضوعا على مستو مواز لمستوى الصورة فان المنظر يبين من جهة صورته الجسم المرسوم تبعا عاما ويظهر من هذا التباين تنوعات لانهاية لها ومع ذلك فهناك قواعد مهمة عامة النفع في اختصار عمليات المنظر التي لا بد منها لكثير من الصناعات والمعمارية ومهندسي البلدان والمزخرفين ونقاشي المجسمات وغير ذلك

فاذا كان مستقيما \overline{AB} و \overline{CD} (شكل ٢٣) موازيين من مبدء الامر لمستوى الصورة وهو \overline{MN} فلنا ان نقول ان منظر \overline{AB} و \overline{CD} على هذه الصورة وهما \overline{AB} و \overline{CD} يكونان مستقيمين متوازيين

وبرهان ذلك اننا اذا مددنا الاشعة النظرية التي هي $\overline{AA'}$ و $\overline{BB'}$ و $\overline{CC'}$ و $\overline{DD'}$ فان خطوط \overline{AB} و \overline{CD} تكون متوازية ويكون خطا \overline{AB} و \overline{CD} متوازيين فاذا كان خطا المنظر وهما \overline{AB} و \overline{CD} متوازيين ايضا وبناء على ذلك لا يمكن تلاقى هذه الخطوط النظرية

ولنفرض الآن ان خطوط \overline{AB} و \overline{CD} و \overline{EF} المتوازية (شكل ٢٤) تكون غير موازية لمستوى الصورة وهي \overline{MN}

فخذ من النقطة النظرية وهي \overline{O} الى صورة \overline{MN} مستقيم

ض و موازيا لخطوط ا ب و ث د ه المستقيمة المطلوب وضع
 منظرها ثم تمد شعاع ض ا و ض ب النظريين اللذين يقطعان
 الصورة في ا و - فاذن يكون هذان الشعاعان في مستوي مار بنقطة ض
 وبخط ا ب وكذلك بخط ض و الموازي لخط ا ب فاذن يكون
 كل من نقط ا و - و و الثلاثة الموضوعة على المستوى واللوح
 خطوطا مستقيمة فاذن يكون خط ا - الممتد مارا بنقطة و ويبرهن
 بمثل ذلك على خطوط ث د و ث ف الخ فاذن يثبت المطلوب وحينئذ
 نخطوط ا - و ث د و ه ف الخ التي هي مناظر لمتوازيات ا ب
و ث د و ه ف دائما تماثرا اذا امتدت على حسب الاقتضاء بنقطة
و عند ما تكون خطوط ا ث و ث د و ه ف غير موازية
 لمستوى اللوح ويقال لهذه النقطة الشهيرة نقطة مجمع منظر خطوط ا ب
و ث د و ه ف الخ المتوازية فاذا رسمنا مناظر صور يكون عليها
 كثير من الخطوط المتوازية فن المقيد ان نعين نقطة المجمع من خطوط
 كل اتجاه فيحصل من ذلك نقطة منظر كل من هذه الخطوط فيكفي اذن معرفة
 نقطة ثانية لاجل تحديد رسمها

(بيان اجراء علم المنظر في فن العمارة)

يمكن ان نستخرج فائدة عظيمة من نقط المجمع المستعملة في عمليات علم المنظر
 وذلك عند مشاهدة رسم العمارة بطريقة المنظر فتكون اغلب الخطوط
 المستقيمة التي يرسمها المعمار جي موازية اما للمستوى المنتصب الذي يكون
 تابعا لاتجاه اوجه العمارة المراد رسمها واما للمستويات المنتصبة العمودية
 على هذه الالوجه وبالجمله فيحصل كون بعض هذه الخطوط منتصبا وبعضها
 اقويا

وحيث ان مستوى اللوح الذي يرسم عليه المنظر منتصب (شكل ٢٥)

فان جميع الخطوط التي تكون منتصبة في العمارة تكون ايضا منتصبة في
المنظر واما الخطوط الاقضية اعني الخطوط الموازية لمستوى الوجه فان نقطة
مجموعها المطلوب تعيينها تكون $\overline{و}$ و تعين ايضا نقطة مجمع الخطوط الاقضية
العمودية على مستوى الوجه وهي $\overline{و}$ فاذن لا يكون معنا الان نقطة واحدة
تعين بخط منتصب وخط افقي وقد يظهر لنا من طريقة المساقط قواعد
سهلة جدا في هذا الغرض ستبينها عند ذكر تقاطع السطوح

فاذا كان هناك خطوط متوازية يمكن مشاهدتها في المنظر ينبغي ان نبحث
من اول وهلة هل هذه الخطوط الممتدة تمر بنقطة منفردة موضوعة وضعا
لائقا ام لا وهذه النقطة هي نقطة مجمع الخطوط المذكورة على اللوح

واذا شاهدنا رسم عمارة على لوح منتصب (شكل ٢٥) كما هي الكيفية
الجارية في الرسم وفي النقش حسبما سبق لك آنفا فان النقطة الجامعة لجملة
من الخطوط الاقضية المتوازية تكون موضوعة على المستوى الافقي المار
بنقطة المنظر وذلك ان هذا المستوى المنفرد هو الذي يمكن مده حقيقة من
النقطة المذكورة مواز بالخطوط الاقضية وحينئذ تكون النقطة الجامعة
لمنظر الخطوط الاقضية الموازية للواجهة من جهة والنقطة الجامعة لمنظر
الخطوط الاقضية العمودية على هذه الواجهة من جهة اخرى موضوعتين
بارتفاع مساو لارتفاع نقطة المنظر وبناء على هذا الارتفاع تكون خطوط
الاتجاهين الاقبيين مشاهدة في المنظر على حسب مستقيم $\overline{و و}$ الافقي
المرفوع بقدر ارتفاع نقطة المنظر ايضا

ويشاهد مع السهولة (شكل ٢٥) ان اعلا شبائك العمارة واسفلها
الذين هما على صورة خط مستقيم يكونان كذلك على صورة خط مستقيم
في رسم منظرهما وهذه هي الحقيقة خاصة اجزاء الخط المستقيم المتنوعة
سواء كانت منفصلة او غير منفصلة وذلك ان اتصال اجزاء الخط المستقيم
المذكور ولو بخط وهمي يكفي في تأليف خط مستمر يكون منظره خطا
مستقيما منفردا يشتمل على رسم جميع اجزاء الخط المستقيم المذكور الذي

يراد نظره

* (بيان اجراء عملية علم المنظر في التصوير) *

يجب على المصور ان يهتم وقت تصوير الشخص على اللوح بان لا يضعها في مستوا واحد ولا في وضع واحد لانه بدون ذلك تظهر تلك الشخص على ارتفاعات متساوية او ناقصة على وجه منتظم بحيث انهما اذا كانت واقعة مع التساوي كانت ارجلها موضوعة على خط مستقيم بل وكذلك جميع الركب والايدي والاذرع والرؤس تكون ايضا على خط مستقيم وبالجملة فهذه الخطوط تتلاقى في نقطة واحدة وهذا مما تنفر منه النفوس

ولاجل اجتناب هذه الكيفية المخلة بالرسم يجب على المصور ان يهتم في وضع الشخص على ابعاد مختلفة من الناظر بان يتوهم عدة مستويات موازية لمستوى اللوح وفي المستوى الاول القريب من الناظر تنطبق الاشياء على اللوح بابعاد عظيمة مختصة بها فبعدها في المستوى الثاني اقل منه في الاول وفي الثالث اقل منه في الثاني وهكذا

ويضع المصورون عادة في اول مستوا وفيما يقرب منه الشخص من الاصلية التي تستدعي ابعادها تيقظ الناظر واتقياها بالكلية

ويراى للانسان بمقتضى المستوى الذي تكون فيه الصورة ان منظرها لا بد له من ابعاد فاذا لم يحددها المصور مع غاية الضبط كان رسمه فاسدا وكانت الشخص من موضوعة خارج الابعاد التي اراد تحديدها واما اذا اجاد وضعها بان وضع رؤسها ووضعا محكما ووجه احداق اعينها توجهها منتظما فان الصور التي ينبغي نظرها لا تنتظر

وقد يخطئ المصورون في امور كثيرة ويعتدون بها مخالفة للمنظر لاسيما في رسم الاجسام والاذرع والاعصاب التي ليست استقامتها موازية لمستوى اللوح وبذلك تكون في الغالب ناقصة في الطول

وهذا الاختصار هو اصعب شئ في الرسم عند ارباب الصناعة فلا يمكنهم تصويرها في الغالب الا اذا وضعوا اربشات في المحل الذي يريدون رسمه ويكون

على حسب وضع الارنيكات وقوفهم في المحل الذي يكون فيه وضع الناظر
على حسب المحل الذي يريدون رسمه

وما ذكرناه من القواعد القليلة يكفي في صور كثيرة ليعرف بها صحة منظر الصور
التي نعرفها او عدم صحتها ويحصل في الغالب ان البنائين والمصورين
لا يدركون قواعد علم المنظر على حقيقة ما فيخبطون في العملية خطأ فاحشا فاذا
اتبعت دائرة العلوم الهندسية وانتشرت عند اغلب اهل اوروبا ظهر ان الخطأ
الكبير الذي لا يتأثر منه الا القليل من ارباب المعارف في وقتنا هذا يتأثر منه
عامة الناس ويتأذون منه جميعا ولا يمكن للصناعية اجتنابه بدون تعب
شديد فيجبرون على الممارسة وبذل الجهد في تطبيقات العلوم الهندسية على علم
المنظر فيحصل حينئذ لاشغالهم صحة التناسب اللازمة للاشغال التامة
في الفنون المستطرفة كما هي لازمة في الفنون التي ليس الغرض منها الا ضبط
الاشكال

* (بيان اجراء علم المنظر في رسم الآلات ومحصولات الصناعة) *

اذا اريد رسم محصولات الصناعة او الآلات استعمل في ذلك غالبا علم المنظر
ومزية هذا العلم على طريقة المساقط العادية هي اظهار كثير من الاجزاء التي
يخفى بعضها بعضها بواسطة طريقة المساقط مثلا قد جرت العادة في
استعمال المساقط بخطوط متوازية ان نأخذ مستوى المسقط المنتصب
موازيا للواجهة العمارية او عمودا عليها في الصورة الاولى لا تظهر الا ضلاع
الصغيرة من العمارية ولا تشاهد وفي الثانية تخفى الواجهة بنفسها بخلاف علم
المنظر. فقائدته اظهار وجهي العمارية دفعة واحدة كما تراه
في (شكل ٢٥)

وتستعمل قاعدة المساقط في رسم منظري صورة كانت مع الدقة والضبط
فاذا فرضنا ان هذه الصورة ونقطة النظر موجودان في المساقط الاقمية
والمنتبسة وكذلك اثار اللوح فحصل معنا منظر اي نقطة كانت من هذه
الصورة بواسطة رسم خط مستقيم ممتد من هذه النقطة الى النقطة النظرية

و بواسطة البحث عن تقاطع هذا الخط بمستوى الصورة (راجع الدرس الثالث عشر) وينبغي للمعلم ان يوضح هذه الطريقة ببعض امثلة تجزية مع ما يلزم لها من الاشكال وذلك بكتنظير مربع او مكعب واذا اردنا ان نأخذ رسم عمارة او شئ مصنوع او آلة بواسطة علم المنظر ففائدة ذلك العلم هو انه يسهل علينا رسم جميع ما يقع عليه البصر من الصور على حقيقته بدون ان يحتل منه شئ فينبغي حينئذ مزيد الاهتمام بتعريف التلاميذ على انواع هذا الرسم المختلفة التي يجدون لها طرقا سهلة في كثير من المواضع المعتبرة

* (بيان اجراء عملية علم المنظر في زخرفة محل الالعاب) *

ينبغي لمن عرف محل الالعاب لاجل تحسين الالعاب المذكورة واستجلاب الناس اليها في محل اللعب ان يستعمل اولاً بصورة كبيرة متسعة وهي الستارة التي تكون بداخل الملعب ويرسم عليها منظر العمارات والبلاد ثم يضع من الجهتين على حسب خطين بعيدين عن بعضهما قريبين من الناظر عدة صور غير متسعة مرتفعة موازية لبعضها والستارة المتقدمة وليست تلك الصور في الحقيقة الا اغشية للزينة فيرسم عليها اشجارا او اعمدة متفرقة او اجزاء متصلة لكن هذه الطريقة ليست مستكملة للشروط لان الخطوط التي ترسم على الاغشية المذكورة يحدث عنها اجزاء خط مستقيم تشاهد من نقطة النظر ويظهر ان تلك الخطوط لا يحدث عنها الا خط واحد الا انها لا تكون على استقامة واحدة اذا شوهدت من نقطة اخرى من محل اللعب غير نقطة النظر ومع وجود هذا الخلل يكون لهذا المنظر المزخرف المرسوم رسماً جيداً مشابهة كلية بحقائق الاشياء كما يستر المتفرجون الجالسون في الملعب على اختلاف محالهم سروراً تاماً برويتهم ما يروق الخاطر ويوجب التناظر.

* (بيان اجراء عملية المساقط المخروطية في علم الجغرافيا) *

يستعمل في رسم الاشياء الشهيرة الظاهرة على الكرة الارضية او على الكرة السماوية كيفية المساقط المخروطية المضاهاة لعلم المنظر

ثم ان المخاريط الممتزجة مشى او ثلاث والا سطوانات الممتزجة ايضا بهذه
المنابة يقل استعمالها في علم الميكانيكة مع ان استعمالها فيه فائدة عظيمة
في كثير من الصور

فقد يستعمل فيه مخاريط منتظمة مصقولة (شكل ٢٦) لاجل نقل
حركة الدوران من محور الى آخر بواسطة المحاكاة في صورة ما اذا كان المحوران
غير متوازيين

ويستعمل فيه ايضا المخاريط المنتظمة المضرسة (شكل ٢٧) لاجل
هذا الغرض بعينه

واذا اراد المعمار استعمال اعمدة كثيرة حلها الى مخاريط ناقصة تكون
مضرسة اذا كانت الاعمدة ايضا مضرسة وفن تضرير الاعمدة يستدعي غاية
الضبط والاتقان في العمل ومما يستدل به على المهارة النادرة الوجود التي
اكتسبها الشغالون الذين كانوا يشتغلون في عمارة بلاد اثينا مدة
القرون التي كانت فيها هذه المدينة على غاية من السواد والفخار والبراعة
في الفنون والصنائع هو كمال تفصيل تضرير الاعمدة الكبيرة على صورة
سطوح مخروطية وتتمام التعديل لهذه المخاريط الناقصة ليحدث من ذلك
تضاريس مستطيلة مع الضبط والاحكام مبدءها رأس العمود ونهايتها
قاعدته

وليس صحة تضرير الطارات المخروطية مقصورة على الزينة والرفاهية
بل تكون ايضا في تضرير الاعمدة ويترتب على صحة التضريرسات وضبطها
سهولة نقل الحركات وتدبيره وتنظيمه كما سيأتي ذلك عند الكلام على حركة
التعشق (راجع الجزء الاول من الميكانيكة في الجلد الثاني من هذا
الكتاب)

(الدرس العاشر)

في بيان السطوح المنتشرة والسطوح المعوجة اي مضاعفة الانحناء وغير
ذلك

كل سطح امكن انتشاره او بسطه او انفراد على اى مستوي بدون ان يكون في هذه العملية جزء من اجزاء السطح يجب امتداده او انقباضه او تضعيفه فانه يسمى سطحاً منتشراً

وقد اخترنا فيما تقدم نوعين مهمين من السطوح المنتشرة وهما نوع الاسطوانة والمخروط وعلما انه يمكن في الحقيقة انتشار هذه السطوح على اى مستوي بدون كسر وانطواء وعلما ايضا عكس ذلك اى انه يمكن انحناء جزء من المستوي بدون انطواء وكسر بحيث يمكن صناعة اسطوانة او مخروط تكون صورته وابعاده معلومين

وبالجملة فقد علم انه يمكن اعتبار الاسطوانة كنشور مركب من اوجه مستوية كثيرة العدد على صورة شكل متوازي الاضلاع ويمكن اعتبار المخروط كالمهر المركب من اوجه كثيرة العدد ايضا على شكل مثلث ضيق جدا ويمكن ايضا ان نعتبر السطح المنتشر (شكل ١) كانه مركب من

اوجه صغيرة مستوية مثل ا ا - و ر ب ث و ب ث و ث د الخ منتهية بخطوط مستقيمة مثل ا ا و پ ر و ث الخ وتسمى هذه الخطوط اضلاعا

فاذا اردنا انتشار هذا السطح المنحنى على صورة سطح مستو فالتأ نبتدى بادارة وجه ا ا - حول ضلع ا - حتى يوضع في مستوي واحد مع وجه ر ب ث الثاني ثم ندير هذين الوجهين حول ضلع ب ث حتى يكونا معا في مستوي وجه ث د الثالث ثم نستمر على هذه الكيفية الى الوجه الاخير فيحصل حينئذ معنا انتشار السطح المنحنى بتمامه

ثم ان الفرق الذي يكون بين المخروط والسطح المنتشر هو ان جميع الواجه التي على صورة الزاوية تكون رأيا في نقطة واحدة بخلاف اوجه السطح المنتشر فان

ا و ب و ث التي هي رؤس اوجه ا ا - و ر ب ث

و ث ث و هلم جرا تكون مختلفة الوضع

وكذلك يعتبر المهندسون أن المخروط مركب من طيتين (راجع الدرس التاسع) (شكل ١) وكذلك السطوح المنتشرة واحدة هاتين الطينتين ترسم على الوجه الذي ذكرناه في الدرس المتقدم وأما الثانية فترسم بواسطة

امتداد الاضلاع الى **ا ا و ب ر و ث ث** الخ خلف المنحنى

ا ب ث ث الخ ويقال لهذا المنحنى خط القمقري والذي يسلم للفنون في جميع الاحوال هو اعتبار احدى طيتي السطوح المنتشرة

(بيان اجراء العملية)

اذا اقتضى الحال حفظ اشياء ثمينة فالتا تحيط بها بشئ اقل قيمة منها وتكون احاطتها عادة بمادة ليننة مستوية كالقماش والورق والماقوى والجلود والحديد والصفائح ونحو ذلك مما يتخذ غلافا كالاكياس وعلب الورق وغلاف الاسلحة وغطاء البضائع وجميع انواع العلب والقراطيس واغشية العطارين والاجزاء خاتمة وهلم جرا

وهذه العلاقات مهما كان طينا او عدم طيها هي ضرورة قابلة للانتشار ويجب أن نلاحظ أن المادة التي تستعمل في ذلك لاسيما اذا كانت من انواع المنسوجات وكانت قابلة للامتداد والانقباض تغاير في بعض الحالات بالنظر الى اشكالها الدقيقة السطح المنتشر كما اسلفنا الكلام على ذلك بمقتضى رأى المهندسين

(بيان اجراء العملية في صناعة البسط والجوخ)

نبغى أن نتكلم على السطوح التي تحدث عن البسط والجوخ التي هي معدة زينة المساكن والاهياكل العمومية فلذا اقتصرنا في هذا الشأن على اشكال السطوح المنتشرة المطابقة للمهندسة على وجه الدقة والضبط تحصل معنا طيات مستقيمة ومحيطات موزعة مجردة عن النظرافة وعن التنوع في الاشكال وتكون اقرب شها بمحيطات البسط الارضية

و يظهر ان امة اليونان هي اول امة عرفت واتقنت بواسطة ذكائها وفطنتها ما يمكن تحصيله بمطابقة الخاصيتين الموجدتين في الالقشة احدهما كونها تنثنى على شكل سطوح منتشرة مركبة من اضلاع مستقيمة والثانية كونها تنحنى مع الانتظام والتساوى كى تبعهم عن هذه الاشكال على التدريج حسبما تقتضيه الطرق التى يستحسنها الذوق السليم وهذه الطرق المستعملة في تزيين الابنية والعمارات تصلح ان تجعل اصولاً عمومية

ولنرجع الى ما كنا بصدده في شأن السطوح المنتشرة على وجه الاتقان فنقول شيئاً لك ان تلك السطوح تستعمل بكثرة في الفنون وترى ما يكون في الصناعة من الفائدة في حل مسائلها على وجه هندسى

فاذا اردنا مثلاً رسم سطح منتشر (شكل ٢) مار بنقطتي

ا ب ث د ه ف و ا ر ه د ه ف المنحنيين اللذين ليسا على مستو واحد فرضنا لاجل هذا الغرض ان منحنى ا ب ث د ه ف

مضلع مركب من عدة اضلاع مثل ا ب و ب ث و ث د و د ه وهلم جرا ثم نأخذ مسطرة محكمة الوضع فنضع مسطحها من احد

طرفيها على ا ب ونديرها حول ا ب حتى يتقابل الطرف الثانى بمنحنى ا ر ه د ه ف في نقطتي ا و ر القريبتين منه جديداً وذو

خطوط ا ا و ب ر الخ المستقيمة وبعد تمام هذا تضع المسطرة على وجه بحيث يكون وجهها العريض المستوى موضوعاً دفعة واحدة على

ب ث و ب ر ونعين نقطة ث التى يتقابل فيها هذا الوجه للمستوى مع

الخط المنحنى ثم نمد ث ث ونبين بهذه الطريقة د د و ه ه و ف ف

الخ فيحصل معنا حينئذ السطح المنتشر وهو ا ب ث د ه ف

و ا ر ه د ه ف الذى يخالف قليلاً البسطح الماز بمنحنى

ا ب ث د ه ف و ا ر ه د ه ف (راجع الدرس الثالث عشر)

(بيان نشر الاخشاب المنحنية)

يلزم غالباً في عمارة المراكب نشر قطعة من الخشب على شكل سطوح يكون محيطها الاسفل وهو **ا ب ث** الخ ومحيطها الاعلا وهو **ا ب ث** الخ مرسومين على وجهين من هذه القطعة فاذا اردنا اجراء عملية النشر بدون اعوجاج المنشار وقلبه لاجل تغيير شكل تلك القطعة المستوية او المنتشرة لزم ان يكون الخط المستقيم الحادث عن اسنان المنشار متجهاً بحيث يمتزج بالتعاقب مع اضلاع **ا ب و ث** الخ (شكل ٢) فبهذه الكيفية يقسم المنشار قطعة الخشب ويرسم سطوحاً منتشرة

(بيان اجراء عملية السطوح المنتشرة في قطع الاحجار)

تستعمل السطوح المنتشرة بكثرة في قطع الاحجار وهي عادة الاسطوانات والمخاريط فلاجل بناء القبوات ذات الاشكال الصعبة نبين شكل جميع المحيطات كل حجر ينبغي جعله في بناء هذه القبوة كما سنبين ذلك في الدرس الخاص بتقاطع السطوح ولذا يسمى هذا الحجر حجر العقد ولاجل ان تكون العمارة على غاية من المتانة والصلابة ينبغي التحام هذه الاحجار مع الدقة باجزائها المختلفة التي يحمل بعضها بعضاً ولذا تسمى بسطوح الالتحام فن المهم اذن ان تكون سطوح الالتحام محددة مع الاحكام والضبط السككي لتصير مكافئة في وجهي حجر العقد الذين ينبغي تطبيق احدهما على الآخر ويصل الانسان الى هذا الغرض مع السهولة اذا جعل اوجه الالتحام منتشرة فيصنع حينئذ ارنيك كل وجه منتشر سواء كان متخذاً من المقوى او من الالواح الرفيعة وغيرها ويطبق الارنيك المذکور على وجه الالتحام ثم ينظر هل المسطرة تنطبق انطباقاً كلياً على هذا الوجه بموجب اتجاه الاضلاع ام لا

ولا يمكن للانسان ان يعرف حق المعرفة ان سطوح الالتحام لا بد ان يكون لها في جميع اجزاء العمارة شكل مطابق للشكل المتقدم الا اذا مثلنا له ذلك بكنيسة ينتهون بياريس وذلك لانك ترى بها قبة متسعة من قبة جدا على

اربعة صفوف من الاعمدة الطريقة ولا جل ان تكون العملية تامة ومضبوطة مع السهولة تقطع المخاريط الناقصة المستديرة التي يتركب منها طول العمود بنحتها من منتصفها كي تنضم حوافها بدون ظهور ادنى اثر في خارجها فاذا رأى الانسان هذه الاعمدة عند ارتفاعها فانه بمجرد رؤيتها يترأى له انها من اعظم ملح الفنون بخلاف ما اذا وضع عليها ثقل عظيم من جهة القبوة فان حوافي المخاريط الناقصة المماسية لبعضها و ليس لها سطوح كافية تقاوم هذا الثقل تنكسر بالسكية وتهبط القبوة هبوطا كبيرا حتى يمتلئ الفراغ الذي في داخل المخاريط الناقصة فيجبر الانسان حينئذ على تشييد اكتاف عظيمة في وسط صفوف الاعمدة التي تسند عليها هذه القبوة ولا تظهر ظرافة البناء ولو جعلت التحامات المخاريط الناقصة على صورة سطوح محكمة الوضع لبقى البناء على حاله ويؤخذ من علم الهندسة في هذا المعنى ما يستعمل من الوسائل في الصور السهلة والصعبة

فاذا اردنا ان نرسم مع الضبط التام اضلاع حجر العقد المنحنية وهي أ ب

ب ث و ث د و د أ و أ ب و ب ث و ث د و د أ (شكل ٣) امكن لنا ان نجد لاجل كل وجه من وجوه الالتحام سطحا

منتشرا ما اراد فمرة واحدة بخطى أ ب و أ ب و سطحا آخر ما بخطى

ب ث و ب ث و سطحا ثالثا ما بخطى ث د و ث د و سطحا

رابعا ما بخطى د أ و د أ فاذا اجرينا ذلك في اجزاء العقد المتجاورة

تتحقق ان الواجهة المماسية تنطبق على بعضها انطباقا كبيرا ومتى علمنا شكل

أ ب و أ ب و ب ث و ب ث و مواضعها سهل علينا استعمال

الطريقة المذكورة (شكل ٢) في تحديد كل سطح منتشر

واذا اراد الصنائعية ستر مسطح كبير بصفائح رفيعة لينة المادة فانهم يشنون

هذه الصفائح على شكل سطوح منتشرة وكيفية العمل هكذا

وهو انهم يرسمون على المسطح المطلوب ستره (شكل ٤) خطوطاً منحنية

مثل ا ب ث د ه و ا ب ث د ه و ا ب ث د ه و ا ب ث د ه
تكون بعيدة عن بعضها بمسافة مساوية لعرض الصفائح التي يستعملونها

ثم يشرعون في ثني هذه الصفائح بحيث تترجمحيطى ا ب ث د ه

و ا ب ث د ه ثم يحيطى ا ب ث د ه و ا ب ث د ه وهلم جرا
ويضعونها عقب بعضها بمعنى انهم يجمعونها ببعضها بالالتحام او يطبقون
اطرافها على بعضها بطريقة ثابتة

(بيان اجراء عملية السطوح المنتشرة في غطاء القبيب والقنوات)

قد غطيت القنوات الفاخرة التي في سوق القمح بمدينة باريس بصفائح من
النحاس على موجب الطريقة السابقة

(بيان اجراء عملية السطوح المنتشرة في تبطين السفن)

قد يغطي مهندسو السفن الجزء الاسفل منها المسمى بالقارين كما تقدم على

حسب الطريقة السابقة بصفائح من النحاس كما في ا ب ث د ه ف
(شكل ٧) وتكون اطراف هذه الصفائح مصلحة ومفصلة على صورة خط
مستقيم مع ان اصلاحها في الغالب انما يكون على صورة خط لا يتحد مع
الحيط اتحاداً كلياً غير ان الغطاء الذي ليس مساوياً لجميع الزوايا ولا مستقيماً
على سائر الاضلاع يحدث عنه كيفية واجدة كما اذا قطعنا صفائح النحاس
وجعلناها على صورة محيط موافق لكمال تعديلها عند فرضنا انها ملتحمة
ومتلاصقة ببعضها

وهذه الطريقة المستحسنة عند مهندسي السفن مستعملة مع غاية النجاح
والفائدة وذلك لان سطح القارين عظيم جداً بالنسبة لامتداد كل صفحة
تستعمل في التبطين ولان النحاس المستعمل في هذه العملية يمتد جزؤه
المتوسط قليلاً حتى يكون متجهاً في كل نقطة على حسب اتجاهه انحناء
القارين ويريد ذلك وضوحاً عند بيان انحناء السطوح من حيث هي

ثم ان صانع المقوى الذي يصنع عدة سطوح مختلفة بواسطة افرخ من الورق او من المقوى ملصوقا احدها على الاخر بواسطة الغرا ومجاورا بعضها لبعض يحدث جملة من السطوح المنتشرة فكثيرة التنوع في شكلها وتناسب وضعها

واذا اراد صانع العربات ان يصنع عربة وضع قطع الحديد والخشب التي يتكون منها المحيطات التي على شكل الزاوية من العربة واوضاع الابواب والشبابيك ونحو ذلك وينبغي له ان يستد المسافات التي تعينها تلك الاوضاع والمحيطات الاصلية ويصنع ذلك بواسطة الواح من الخشب الموقيق اللين الذي يثنيه على صورة سطوح منتشرة تمر بمحيطات مفروضة فيحتاج اذن الى معرفة حل المسئلة التي في شكل ٢ و ٣ ثم ان كلا من الخماس وصانع المداخن والسمكري يحتاج لمعرفة حل المسئلة المذكورة فانه في صناعة المداخن وكثير من القصور المستعملة في المعامل مثلا ينبغي في الغالب لاجل تصليح اعلا تلك المداخن والقصور بواسطة الانبوبة ان يرسم سطح منتشر يمر بدفعة واحدة بقاعدة

أ ب ث د السفلى (شكل ٥) اياما كانت صورتها وبقاعدة ا ب ث د العليا ذات الشكل المستدير كالانبوبة فيجب حينئذ ان يعرف حق المعرفة المحيط الذي يلزم جعله لصفحة الحديد او الجملة من الصفائح المعدنية المستوية التي يحدث منها عند ثقيها على وجه مناسب سطح منتشر يمر بدفعة واحدة بقاعدتي ا ب ث د و ا ب ث د وستكلم على هذه المسئلة في الدرس الرابع عشر الذي يتعلق بالمماسات

وقد استحسن تغطية السطوح بجلب طويلة منتشرة فهي اولى من تغطيتها بصفائح صغيرة منتشرة كما في (شكل ٤)

واذا لبس العساكر ذروعهم رأيت معظم القطع التي تستر اجسامهم واعضاءهم على شكل سطوح منتشرة وهي في الغالب عدة جلب مخروطية او اسطوانية مصنوعة بالسهولة بواسطة صفائح معدنية ذات انحناء واحد

وليس هنالك من القطع ما ينبغي ان يكون ذا انحنائين كالخودة مثلا الا مقدار قليل حيث يستعمل في ذلك سطوح منتشرة كالبيضة المتخذة من الحديد وقد يظهر من عمارة السفن عملية مستحسنة في شأن السطوح المنتشرة المنتظمة بواسطة الجلب

وحاصلها ان السفينة اذا كانت مضلعة فانها تكون على صورة سلسلة من **ن و ح ح** (شكل ٦) المركبة من قطع خشب مزدوجة وهذه المزدوجات وهي ١ و ٢ و ٣ التي ترتفع في مستويات منتصبة يكون بينها مسافات خالية، رسمه **ن و** وشكل ٨ يدل على الارتفاع اى انتصاب المزدوج المنتصف اى الذى فى الوسط ولاجل تميم القارين المرسوم بهذه الكيفية ناخذ الواح معتدلة معلومة السمك ويكون محيطها مصلحا على وجه مناسب ونضعها بالتطبيق على وجه المزدوجات الخارجى ثم ننشئها مع السهولة ليحدث عنها سطوح منتشرة تسمى بالجوانب لكونها تغطى سطح السفينة وتكتنفه وتنطبق عليه انطباقا تاما بحيث تكون الاضلاع على الاضلاع والاطراف على الاطراف وقد يؤخذ من علم الهندسة طريقة عظيمة دقيقة فى اصلاح هذه القطع

وذلك انه اذا وضعنا الجوانب من مبدء القاعدة الى **ا ب ث د** وارادنا ان نضع الجانب الاعلى المنحصر بين خطى **ا ب ث د** و **ا ر ث د** فالتأتمد من نقطتى **س و** الموضوعتين وضعنا مناسبا بين **ا ب ث د** و **ا ر ث د** خيطا ينطبق على المزدوجات فاذا فرضنا ان المحيط المراد به يكون محكم العمل والوضع وان المحيط المذكور يكون موضوعا بالكلية على سطح الجانب المنطبق على اضلاع السفينة فالتأتمد ينشر هذا الجانب اى نجعله منتصبا قائما والمحيط الذى يبين على سطح القارين الخط الاصغر الركاثن بين نقطتى **س و** يستمر دائما على ان يبين الخط الاصغر الذى يمكن رسمه بين هاتين النقطتين على السطح

المنتشر اعني على المستوى حيث ان الخط الاصغر الذي يمكن رسمه على المستوى هو الخط المستقيم فاذن يكون صه خطا مستقيما (شكل ٦ مكرر) مادام على الجانب يحفظ موضعه الذي يجعله اقصر خط بين نقطتي صه و اي على القارين

فاذا وضعنا ذلك المحيط على القارين عيننا على طوله نقط ١ و ٢ و ٣ الخ وبهذه النقط العمودية على اتجاه المحيط نمر بعيدان من الخشب متجهة اتجاها عموديا على اتجاه المحيط المتقدم فتصل هذه العيدان من احد طرفيها بمحيط ا ب ث د ه الخ ومن الطرف الآخر بمحيط ا ب ث د ه الخ اللذين ينبغي ان يتطبق بينهما الجانب الجديد انطباقا محكما

فتقيم حينئذ محيط صه ثم نشده على لوح ع ش كل (شكل ٦ مكرر) بحيث تكون عيدان ا ا ا و ا ا ا و ا ا ا و ا ا ا الخ الصغيرة عمودية على المحيط المذكور ونرسم عدة اشكال مضلعة مثل اشكال ١ و ٢ و ٣ و ٤ الخ و ١ و ٢ و ٣ و ٤ الخ التي يتكون منها خطان منحنيان مستطيلان فتدل هذه الاشكال دلالة صحيحة على الجزء الاسفل والا علما من المحيط الطولي من الجانب

ولا يكفي معرفة هذه المحيطات فقط بل يجب ايضا ان نعرف في كل نقطة من نقط ١ و ٢ و ٣ و ٤ و ١ و ٢ و ٣ و ٤ الخ الزاوية التي تحدث عن الجانب المراد وضعه والقارين ليكون وجه الالتحام منطبقا انطباقا تاما على التحام الجانب المتصل ويجري ذلك بواسطة اتجاه احد ضلعي المسطرة المثلثية المتحركة على حسب اتجاه اي عود كان واتجاه الضلع الآخر على حسب وجه التحام الجانب الموضوع قبل ذلك توجيهها عموديا على ضلع هذا الجانب المتصل بالقارين واذا قطعنا لوح ع ش كل بملطة او قادوم لم يبق علينا الاقل تلك الزوايا الى نقط ١ و ٢ و ٣ و ٤

الخ و ١ و ٢ و ٣ و ٤ الخ على وجه التقابل والتناظر
ولاجل اجتناب الخلل عند رسم النجار بواسطة مسطرة المثلية المتحركة
الزاوية التي تحدث في نقط ١ و ٢ و ٣ و ٤ الخ عن الجانب الجديد
والجانب الملتصق الموضوع قبل ذلك يضع ضلع المسطرة المثلية المتحركة
وهو ط ضه على طرف لوح ن ح (شكل ٦ ثالث) ثم يرسم
خطا مستقيما على طول الضلع الآخر وهو ضه ر متى كانت الخطوط
كلها موضوعة مع الانتظام الموجود في وضع عيدان ١ و ٢ و ٣
و ٤ الخ التي تقابل نقط ١ و ٢ و ٣ و ٤ الخ سهل على النجار
معرفة الثقب الذي يلزم جعله لكل نقطة من نقط ١ و ٢ و ٣ و ٤ الخ
لاجل رسم الضلع الصغير من الجانبين على حسب ما يناسب الاوجه الكبيرة
من الميل

ومما ينبغي التنبيه عليه ان الطريقة المذكورة التي يكون بها السطح القارين
شكل مخصوص يمكن اجراؤها في عمارة السفن بل وفي كل نوع من العمارات
المدنية والعسكرية وهذا من اعظم الطرق اللطيفة والفوائد العظيمة للطريقة
التي تنتج عن تطبيق الهندسة على الفنون ومن اجل الخواص التي تظهرها
الهندسة في السطوح

(بيان الانموذجات والارانيك المنتشرة)

اذا اريد ان يصنع في الفنون سطوح منحنية منتهية ببعض خطوط فالتا تقسم
هذه السطوح الى اجزاء يمكن اعتبارها كالسطوح المنتشرة تقريبا وناخذ
صورتها بواسطة الانموذجات والارانيك المتخذة من الورق والمقوى التي يحدث
عنها سطوح حقيقية منتشرة مع وجود انحنائها الطبيعي بدون تمزق وانطواء
وهذه هي الارانيك التي يستعملها الخياطون ونحوهم في تفصيل ملابس
الرجال والنساء

(بيان اجراء العملية في تفصيل اقشة الملابس)

الغرض من تطبيق الهندسة تطبيقا مفيدا هو انتظام تفصيل عدة اجزاء

متنوعة من الملابس بحيث لا يضيع به الاقطع صغيرة من القماش المطلوب
تفصيله ومع عدم استعمال المسطرة والبيكار في هذه العملية ينبغي
ان يعتقد ان مهارة الخياط ونحوه تقوم بمقام ذلك في هذه العملية الهندسية
الدقيقة التي تستدعي في آن واحد ايمان النظر ومزيد التأمل ومعرفة
التجربة في معرفة تفاوت الاجسام البشرية وما يناسبها من أشكال السطوح
المنتشرة الصالحة لصناعة الملابس

واذا قطع النظر عن التوفير في الملابس وارىد جعلها مناسبة لما تقتضيه
العادة او قصد بها المباهاة والتفاخر فان لذلك اصولا تتعلق بقواعد هندسية
واصول ميكانيكية في صور كثيرة

وينبغي ان تستحضر في شأن الملابس ما استلزمه من المحفوظات المتعلقة بالجوخ
واليسط بالنظر الى سطوحها المنتشرة القابلة للامتداد والانكماش في عدة
اجزاء وهذا هو منشأ لينها ومرورها ولما كان لهذه الاقشة خاصية ملائمة
للاجسام البشرية الحقيقية او المفروضة كانت صالحة لاستعمالها وتعود
الناس عليها وهي الاقشة المستحسنة عن غيرها في اللبس كما يقول الصناععية
هذا الفن

فاذا كانت الاقشة المذكورة جامعة بين المرونة وللين والخفة امكن نشرها
وطيها طيات عديدة بوجوه متنوعة وتكون قابلة لجميع ما يستحسنه الذوق
السليم من ذلك فان الاقشة اللينة الرفيعة اذا لبست وحصل لها ادنى مس
وضغط تتأثر بذلك وتكون طوع يد الماس او الضاغظ ويصير منظرها في رأى
العين مضطربا لا يستقر على حالة واحدة وربما تذكر به الانسان لطائف
الحياة وعدم ثباتها وقرارها بخلاف ما اذا لم تجمع الاقشة بين الصفات السابقة
فانها تبقى على شدتها وصلابتها وما ذكرناه من تأثير الاقشة اللينة واضطراب
منظرها كان يوجد في الاقشة التي كان يستعملها قديما الصناععية انموذجا
في صناعة الجوخ الطريف الذي كانوا يسترون به بعض اصنامهم ويوجد ايضا
في انواع الشاش والكشمير الموجود الآن

ولا جل ان يكون ملبوس الانسان تاما على ما ينبغي يلزم ان تكون سطوحه على وجه بحيث يتأني للانسان معها حركة جسمه واعضائه كيف شاء مع السهولة وهذا يستدعي ان يكون في الثياب نوع اتساع وخفة وان يكون تفصيلها ملائما للاعضاء غير انه لما جرت العادة بان الوقار والعظمة والمقام مما يتوقف على التأني وبطئ الحركة لزم ان تكون ملابس اصحاب هذه الصفات ملائمة لحركاتهم حتى تظهر منافعهم وتعرف وظائفهم فعلى هذا يلزم ان تكون برانس البابات وثياب ارباب المشورة وعباءات الملوك مفصلة تفصيلا متسعا من اقشعة قليلة اللون ليحدث عنها سطوح منتشرة تطوى طيات عريضة لا تتأثر بالهواء

واما برانس العساكر والثياب الحقيقية التي يلبسها الراقصون في الالعاب وكذا ما يلبس في محال الرقص فانها تكون بخلاف ذلك بحيث يكون تفصيلها ضيقا على قدر الامكان ثم ان الملابس التي تستعمل لجرد الزينة ينبغي ان تتخذ من الاقشعة اللينة الخفيفة التي تضطرب كالامواج لتكون بها الاجسام وحركاتها المختلفة على غاية من اللطافة والظرافة وتظهر بها الهيئة على حقيقةها وعلى ذلك ينبغي ان يكون كل من انتخاب الاقشعة وتفصيل الملابس جارا على حسب ما يتعلق بعمليات الفنون المستظرفة من الاعتبارات والملاحظات التي لها تدخل في تنظيم الجمعية وتحسينها بخلاف ما اذا نظرنا لراحة الانسان في اللبس وسعة الملبوس وصحة اللبس فان كلا من الانتخاب والتفصيل المذكورين يكون على حسب ما يتعلق بالجمعية من المصالح الحقيقية واما اذا نظرنا الى الصناعة فان الميكانيكة والهندسة هما اللذان يعرف بهما مقادير الصور واصنافها وكذلك وسائل الصناعة والتفصيل والتزيين الذي هو اتم ملائمة من غيره لان يستخرج بواسطة انحناء السطوح المستوية اتصالا واجتماعها الاشكال المتنوعة الظريفة التي تكون في الملابس والجوخ عند امة تقدمت عندها الفنون المستظرفة تقدمت ما كليا

وترجع الى ما كنا بصيده في شأن السطوح المنتشرة ونذكر عمليات جديدة

مهمة كالعلاقات المتقدمة بعد ان نتكلم على قواعد تقاطع السطوح
والمماسات وينبغي ان نتكلم الآن على السطوح المعوجة اى مضاعفة الانحناء
فنقول

*** (بيان السطوح المعوجة اى مضاعفة الانحناء) ***

السطوح المعوجة هي الحادثة من خطوط مستقيمة متتالية لا ينشأ عنها
اوجه صغيرة مستوية

ولاجل تصور الواجهة الصغيرة المعوجة تخيل هيا في شكل ٩ و ١٠
يكون ضلعا غير موضوعين على مستوي واحد ثم نضع هذا السلم على الارض
بحيث يكون اضعايه استقامة افقية وان لم يكونا في مستوي واحد منتصب
وبواسطة شكل ٩ يظهر مسقطه المنتصب وبشكل ١٠ يتبين

مسقطه الافقي وذلك ان ضلعي أ ب و ب د (شكل ٩) يتقاطعان
في نقطة واحدة مثل ع و د فاذا حددنا خطا منتصبا من النقطة

المذكورة فانه يمر كما في (شكل ١٠) بنقطة ع على ب د
وبنقطة د على أ ب ولنبدأ الآن من تقطعي ع و د بقسميه

مسندى أ ب و ب د المذكورين الى اجزاء متساوية بنقط ١
و ٢ و ٣ و ٤ الخ و ١ و ٢ و ٣ و ٤ الخ ثم نعد خطوط
١ ٢ و ٢ ٣ و ٣ ٤ و ٤ ٥ الخ فيحدث معنا سلم
معوج

ثم ان اجنحة طواخين الهوام من قبيل السلام المركبة من اضلاع مستطيلة
متباعدة عن بعضها ومن اخشاب عمودية على احد هذه الاضلاع
وكذلك سلم الصواري (المسمى بالبواقنكو) فهو من قبيل السلام المعوجة
غير انه يتقص عنها ضلعا واحدا .

ويمكن ان يعتبر ان هذه السطوح المعوجة مركبة من اوجه معوجة ضيقة
جدا مشابهة للسلم الذي اسلفنا الكلام عليه ويطلق على الاضلاع التي تبين

هذا لوجه الصغيرة اسم الاضلاع المشتركة

(بيان اجراء العملية في عمارة السفن)

لاجل تطبيق قارين السفن نصنع سطوحاً منتشرة من الواح اى كتل مستوية كما ينادك (شكل ٦) ولاجل صناعة بعض اجزاء السفينة منحنية كالأجزاء التي عند مقدمها ومؤخرها لا يمكن ان نستخرج من الألواح العريضة جداً الأجوانب قصيرة جداً اذا كان المطلوب بقاء رسمها الملائم لبعض السطوح المنتشرة على وجه الصحة والضبط واذا تأملت صورة الجانب المبينة في (شكل ١٢) علمت انه يتبع في عمله كثير من الأخشاب حتى يستخرج من الشكل المستطيل رسمه المنحنى المرموز اليه بهذه الأرقام وهي ١ و ٢ و ٣ و ٤ و ٥ و ٦ و ٧ الخ و ١ و ٢ و ٣ و ٤ و ٥ و ٦ و ٧ الخ فاذا فرضنا الآن ان المحيط ا ب ث د ه ف غ انحنى خفيفاً ومنظماً (شكل ١١) تحصل معنا حينئذ صورة يمكن وضعها بتمامها على جانب يكون اقل في العرض من صورة شكل ١٢ الا انه اذا اريد طي جانب متصل كما في (شكل ١١) فانه لا يلاءم على وجه الضبط المحل الذي عين له على قارين السفينة فينبغي اذن بواسطة طرق ميكانيكية أن نجعل هذا الوضع بحيث يلاءم المحل المذكور وهذه العملية يكاد السطح المنتشر يكون معوجاً دائماً

وفي اجزاء السفينة التي يكون فيها الانحناء القارين جسيماً لا يمكن أن نستعمل جوانب مثنية بدون ان تفسد بنفس هذا الانحناء

(بيان عمل الأخشاب المنحنية)

اذا اريد صناعة قطعة من الخشب عظيمة الانحناء وتطبيقها اسفل محيط

ا ب ث (شكل ١٣) على مضلع لسفينة فالتأخذ مسطرة ثابتة

على صورة خط مستقيم مثل ٥٠ ونرسم بواسطتها مستويين على

مضلع السفينة نقط م و ث و ه الثلاثة التي هي من ا ب ث

ونخذ من تلك النقطة المذكورة خطوط $\overline{م ١}$ و $\overline{م ٢}$ و $\overline{م ٣}$
 الخ المستقيمة اعمدة على $\overline{د ٥}$ ثم تقيس طولها وبعد تمام ذلك نأخذ المسطرة
 المثلثية المتحركة ونضع ضلعها الاول على استقامة $\overline{م ١}$ والضلع الثاني
 على امتداد سطح القارين فيصير الضلعان المذكوران في مستو عمودي على
 $\overline{د ٥ م ٥}$ وتجري هذه العملية ايضا في النقطتين الاخرين وهما $\overline{د ٥}$
 و $\overline{ص ٥}$ من منحنى $\overline{م ٥}$ الخ فيحدث من اوضاع الضلع الثاني من
 المسطرة المثلثية المتحركة سطح معوج يكون وجهه ادا خليا للخشبة المطلوب عملها
 ويصنع وجهها الخارجى ايضا بعمل سطح ثان معوج تكون المسافة بينه وبين
 السطح الاول واحدة من سائر الجهات ليكون سمك الخشبة واحدا واما الوجه
 الضيق الذى ينبغي وضعه على $\overline{ا ب ت}$ فان عمله يكون ايضا بواسطة
 المسطرة المثلثية المتحركة فيشاهد اذن زاوية حادثة من الضلع الثانى الموضوع
 بالتوالى في $\overline{م ٥}$ و $\overline{د ٥}$ و على سطح القارين ومن وجه التمام جانب
 $\overline{ا ب ت}$ المفروض من قبل ذلك وبعد تمام هذا العمل لا يبق علينا الا نقل
 هذه القطع في المحال التى تناسبها

واذا اريد صناعة سفينة فالتا ابتدى كما تقدم بعمل قطع مزدوجة من الخشب
 بان نعشقها مشنى ونضعها على صورة مستويات منتصبة متوازية كما في
 (شكل ١٤) ثم نلصق هذه القطع المزدوجة فى آن واحد بواسطة قطع
 من الخشب متينة تسمى بالزنابير تكون متجهة على امتداد ضلعي القارين
 او حافتيه وتكون المنحنيات التى تعقبها مستوية ومرسومة قبل ذلك فى محل
 الارانيك او القوالب واما اجزاء السفينة التى يكون انحناؤها قليلا بالنظر الى
 الطول فانه يمكن ان تصنع من مناشير مستطيلة مربعة الزوايا تريعا مناسبا
 ثم تنى هذه المناشير بحيث تتلاقى فى النقطة المعينة على محيط المزدوجات
 المختلفة فاذا كان الجزء الاصغر من القارين الذى فيه وجه الزنار
 الذى ينطبق على القارين سطحا منتشرا على شكل منطقة قائمة فان

الزئار يسهل ثقيه على هذا القارين عرضا وطولا واذا كان الجزء الاصغر من هذا القارين المغطى بوجه الزئار الذي ينبغي أن يكون متعادلا معه سطحاً معوجاً لم يحصل بينهما الاتحاد التام فيجب مزيد الاعتناء وبذل الهمّة الكافية في تطبيق الزئار مع الدقة على مضع السفينة تطبيقاً صحيحاً بشرط ان يكون هذا التطبيق بموجب المحيط الذي فرضه المهندس في رسم السفينة ولا يمكن استعمال هذه الطريقة في الاجزاء المنحنية من القارين بل يجبر الانسان على مراجعة الطريقة الآتية

وهي اذا كان ا ب ث (شكل ١٤) جزءاً من مستوى الزئار فالتساعين هذا المستوى بخططين يمتزحدهما بالقارين على امتداد ا ب ث والاخر وهو د ه يصير خارج القارين ببعده مناسب ثم تقس بالمسطرة المثلثية المتحركة الزاوية الحادثة من هذا المستوى وسطح القارين في كل من نقط ا و ب و ث على المزدوجات المختلفة

وبعد أن تضع قالب منحني ا ب ث على قطعة الخشب (شكل ١٥) التي يفصل منها الزئار ترسم ا ب ث وتقطع القطعة المذكورة بان تصنع أمام كل من نقط ا و ب و ث الخ حزوزاً تدخل فيها المسطرة المثلثية المتحركة فتبين الزاوية المترتبة على السفينة مع الضبط والكمال ثم نجعل الخشب بين الحزوز بحيث يحدد سطح منتشر او معوج ونعين في داخل هذا السطح نقط ا و ب و ث المتساوية البعد من ا ب ث ثم نعين كذلك نقط ا و ب و ث المتباعدة من ا ب ث بقدر عرض الزئار فيحصل بهذه الطريقة اولاً وجه ا ب ث المنطبق على المزدوجات ثم تقطع الوجه الاعلا والاسفل بكيفية عمودية على وجه ا ب ث ونجعل لهذين الوجهين عرضاً لا يتغير من سائر الجهات ثم تقطع الوجه الرابع عمودياً على الوجه الثاني والثالث ثم ان عمل هذه القطعة

وكذلك كيفية شغل العبدان التي سبق ذكرها يكون على غاية من السهولة
إذا كان اجراؤه على منوال نموذج في المدن التي على شاطئ البحر بخلاف
غيرها من المدن التي ليست كذلك فإنه يمكن التساهل في ذلك عند تعسر
توضيحه

وقد يستعمل في العمارات المدنية السطوح المعوجة لأجل قطع اجزاء عقد
بعض القباب والسلام

ومن المعلوم أن درج السلم ينبغي أن تكون مستوية واقعية في الجزء الذي
يستتر عليه قدم الإنسان الصاعد والهابط ويكون محيطها مرسوما بواسطة

أ ب ث هـ و د هـ ف ع ش الخ كما في (شكل ١٦)

الذي يشاهد فيه التحامات ب ث و هـ ف و ع ش الخ
التي بواسطة تكون كل درجة مستندة على الدرجة التي تحتها ومستندة
للدرجة التي فوقها وفي السلم المتوازية الدرج تكون التحامات ب ث

و هـ ف و ع ش الخ موازية لبعضها ومستوية وتكون
صورتها كالأشكال المتوازية الاضلاع

ولكن إذا كان اتجاه السلم منحنيا بحيث يطابق عليه اسم الدوران كانت مسئلة
الدرج من المشكلات التي يصعب حلها حيث يشاهد من مبدء الامر
(شكل ١٧) أن عرض الدرج مختلف في كل نقطة من نقطه وذلك لأنها
تكون ضيقة جدا من جهة و التي هي عقدة السلم وتتسع في العرض كلما

برزت وبناء على ذلك يكون انحدار السلم المقاس بخط ع ف ث
(شكل ١٨) الأسفل مستحسنا كلما كان بعيدا عن محور السلم فاذن يدنو

التحام الدرج وهو هـ ف العمودي دائما على ع ف ث من المنتصب
عند ما يقرب من ظاهر السلم ويدنو من الأفق عندما يقرب من عقدة السلم

ثم إن توالي اعمدة هـ ف على الضلع الداخل وهو هـ يتولد عنه رسم

سلم معوج مشابه للسلم الذي في شكل ٩ و ١٠ فاذن يكون
التحام الدرجتين المتواليتين وهو ه ف سطحاً معوجاً فاذا قطعنا جميع
الاجزاء المستوية من الدرجة بموجب القواعد الهندسية السهلة لم يبق علينا
الارسم وجه الالتحام وهو ه ف

ولاجل ذلك نقسم طول كل درجة الى اجزاء متساوية ثم نمد من نقط القسمة
التي هي ١ و ٢ و ٣ الخ المعينة على الضلع الداخل وهو و ه
(شكل ١٧) مستقيماً ١ و ١ و ٢ و ٢ و ٣ و ٣ الخ
اعمداً على هذا الضلع ومتصلة بالضلع الداخلي وهو و ب بدون
واسطة

ويتبين لنا من (شكل ١٨) ارتفاع درجة و ه ب العمودية على
و ه ومن ثم تكون ١ ه و ٢ ه و ٣ ه الخ دالة على ١ و ١
و ٢ و ٢ و ٣ و ٣ من (شكل ١٧)

واذا مددنا في (شكل ١٨) ١ ه و ٢ ه و ٣ ه الخ عمودية على
١ ه و ٢ ه و ٣ ه الخ فان هذه الخطوط ترسم اتجاه وجه التحام الدرجتين اللتين
في و ه بالنظر للنقط المتقابلة وهي ١ و ٢ و ٣ الخ فيكني اذن أن
نرسم بواسطة المسطرة المثلثية المتحركة زوايا ١ ه ا و ٢ ه ا و ٣ ه ا كي
يوجد في كل من نقط ١ و ٢ و ٣ انحناء وجه التحام ه ف
(شكل ١٦) من الدرج المتجاور

وتصير هذه العمليات واضحة وضوحاً تاماً اذا بينها المعلمون بموجب ارادتك من
الخشب او الجص

ثم ان السلاالم المعتبرة كالسطح المتصل ولومن جهة سطحها الاسفل تكون من
قبيل البسطوح الخلزونية التي لها منفعة عظيمة في الفنون (راجع الدرس
الثاني عشر)

* (الدرس الحادي عشر) *

*** (في بيان سطوح الدوران) ***

حيث فرغنا من الكلام على السطوح المستوية وجب أن نشرع في ذكر سطوح الدوران فنقول انها سهلة التركيب وتستعمل كثيرا في الفنون وخواصها تستعمل دائما في علم الميكانيكة وتحدثها الظواهر الطبيعية نصب اعيننا على الدوام

فاذا فرضنا خطا منحنيا مثل $\overline{AB\Gamma}$ (شكل ١) وادرناه حول

محور \overline{AB} فان السطح المتولد منه يسمى سطح الدوران ويطلق على الحركة التي تؤثر في الخط المنحنى اسم الحركة المستديرة او حركة الدوران وبالجملة متى كانت تلك الحركة تامة بان كان مقلهاها 360° درجة فانها تسمى دورا

ثم ان كلا من نقط \overline{B} و \overline{B} و \overline{B} الخ يرسم في هذه الحركة دائرة وتكون جميع مستويات هذه الدوائر وهي \overline{B} و \overline{B} و \overline{B} الخ متوازية وعمودية على محور \overline{AB} الذي عليه مراكزها وهي \overline{B} و \overline{B} و \overline{B} الخ وقد تقدم لنا ذكر هذه الخواص المختلفة في الدرس السادس

وليس بلازم ان يكون منحنى $\overline{AB\Gamma}$ مستويا حتى يحدث عنه سطح دوران عند ادارته حول \overline{AB} وذلك انه اذا مدت من جميع نقط الخط المنحنى وهي \overline{B} و \overline{B} و \overline{B} الخ عمود \overline{B} و \overline{B} و \overline{B} الخ على محور \overline{AB} فان طول هذه الاعمدة وبعدها لا يختلفان اذا كان مدها في مستوا واحد ويحدث عن نهاياتها وهي \overline{B} و \overline{B} و \overline{B} الخ منحنى مستوي يرسم عنده ادارته حول المحور سطح دوران من جنس ذلك المنحنى

وهذا المنحنى المستوى الذى يحدث بإدارته حول محور $\overline{أث}$ سطح الدوران يسمى دائرة نصف نوار هذا السطح ومن هنا سميت دوائر $\overline{بب}$ و $\overline{بب}$ الخ التى سطوحها عمودية على المحور وموازية لبعضها دوائر متوازية او متوازيات فقط

وبقدر ما يمكن رسمه من الاشكال المتنوعة بواسطة خطوط مستقيمة او دوائر او منحنيات اخر او باجتماع هذه الخطوط يمكن ان نصنع عدة اجناس مختلفة من سطوح الدوران يظهر فيها تنوعات متميزة تمتاز اما على حسب وضع المحور بالنسبة لخط التولد

ولنبين على التوالى سطوح الدوران السهلة المهمة فى الصناعة فنقول

(بيان سطوح الدوران المتولدة)

(من حركة خط مستقيم)

اذا كان خط التولد عمودا على المحور فانه يرسم عند ادارته حول المحور المذكور مستويا وقد يبين فى الدرس السادس الطرق المتنوعة التى تحدثها هذه الخاصية فى الفنون لاجل صناعة سطوح مستوية

واذا كان خط التولد المذكور موازيا للمحور $\overline{وو}$ (شكل ٢) فانه يرسم اسطوانة مستديرة وهى التى سبق ذكرها وخصيتها وتطبيقها على الصناعة فى الدرس الثامن

واذا كان الخط المذكور مارا بنقطة من محور $\overline{وو}$ (شكل ٣) ومائلا بالنسبة لهذا المحور فانه يرسم مخروطا مستديرا قد ذكرنا خاصته وتطبيقه على الصناعة فى الدرس التاسع

واذا لم يكن ذلك الخط موازيا للمحور وكان بالنسبة لهذا المحور كضلع من سلم معوج موضوع جهة الضلع الاخر فان الخط المذكور يرسم سطح دوران (شكل ٤) يكون انحناءه مختلفا الاتجاه

واذا لم يمر خط $\overline{أب}$ المستقيم بمحور $\overline{وو}$ امكن ان نفرض خطا ثانيا مثل $\overline{أب}$ موازيا للمائل لمستوى $\overline{وو}$ المار بهذا المحور ويتقاطع

المستقيمان بالضرورة في نقطة $\overline{ح}$ الموضوعة على مستوى التماثل وإذا
 ادرانا مستقيمي $\overline{أب}$ و $\overline{أآ}$ بحركة متساوية حول المحور ليقربا
 أو يبعدا مع التساوي عن مستوى $\overline{وو}$ فإن ذلك المستوى يكون دائماً
 مستوى تماثلهما ويتقاطعان دائماً في نقطة واحدة موضوعة على المستوى
 المذكور وندير حول المحور مستوى التماثل وخطي $\overline{أب}$ و $\overline{أآ}$
 المستقيمين فإذا كان الخطان المستقيمان منتظمين بحيث يتقاطعان دائماً على
 مستوى $\overline{وو}$ فإنه يحدث عن نقط تقاطعهما خط منحن وهو دائرة نصف
 نهار سطح الدوران المتولد من مستقيمي $\overline{أب}$ و $\overline{أآ}$ ويتولد أيضاً
 من الخطين المستقيمين المذكورين عند ادارتهما حول $\overline{دو}$ السطح
 المذكور وشكل ϵ يبين حالتي المستقيمين اللذين يحدث عنهما هذا
 السطح ويعرف التلامذة هاتين الحالتين حق المعرفة إذا بيناهم المعلمون ذلك
 على أنيك بدائرتين من المقوي متصلتين بمحور وبمخيوط متساوية الميل في
 جهتين متقابلتين

* (بيان المقراض) *

قد صنع العلم قرى وهو من قدماء المهندسين مقراضاً عظيماً له نصلتان
 مستقيمتان أحدهما ثابتة وهي $\overline{أب}$ (شكل ϵ) والاخرى وهي $\overline{أآ}$
 دائرة حول محور $\overline{وو}$ وهي دائماً مماسة في دورانها للدولي وتقطع ما بينهما
 من الاجسام

* (بيان محلات الغزل) *

هذه المحلات منها ما هو مصنوع من قضيبين مثل $\overline{أب}$ و $\overline{أآ}$ دائرتين
 حول محور $\overline{وو}$ وهذه المحلة إذا لف الغزل على وسطها لا يمكن سقوطه عنها
 وإذا اردنا أن نخلع عنها مقدار ذراع من الغزل الملفوف على وسطها فإثنا تقرب
 القضيبين من المحور بطريقة ميكانيكية سهلة

* (بيان الكرة) *

يكفي لعمل هذا السطح تدوير دائرة $\overline{ام ب ن}$ (شكل ٥) حول
 قطر من اقطارها مثل $\overline{ا ب}$ ونثبت ان جميع نقاط محيط دائرة نصف
 النهار التي هي $\overline{ام ب ن}$ متساوية البعد من مركز $\overline{و}$ فكذلك
 تكون على بعد واحد من هذه النقطة التي هي المركز اذا ادركنا تلك الدائرة حول
 محور $\overline{ا و ب}$ فاذن تكون جميع نقاط سطح الكرة على بعد واحد من مركز
 $\overline{و}$ الذي هو مركز الكرة المذكورة

وكل نقطة موضوعة في مستوى دائرة نصف النهار هي $\overline{ام ب ن}$
 سواء كانت في خارجها او داخلها تكون بالنسبة لمركز $\overline{و}$ اقرب او ابعد من
 نقاط محيط $\overline{ام ب ن}$ فاذن تكون كل نقطة من الفراغ الموجود في
 مستوى دائرة نصف النهار بعيدة عن مركز الكرة اذا كانت في خارج الدائرة
 وقريبة منه اذا كانت في داخلها

وحينئذ تكون جميع نقاط سطح الكرة على بعد واحد من المركز واما ما عداها من
 النقاط فلا يكون على هذا البعد منه

واعلم ان كل مستو مار بمركز الكرة يقطعها في خط منحن تكون جميع نقطه
 على بعد واحد من المركز المذكور بمقدار يساوي نصف قطر الكرة ويكون هذا
 المنحنى دائرة فاذا ادركنا هذه الدوائر المختلفة على كل واحد من اقطارها
 حدثت اكر متحدة المركز ونصف القطر فاذن تكون كلها بمنزلة كرة واحدة

وكل وتر مثل $\overline{م د}$ من دائرة $\overline{ام ب ن}$ (شكل ٥) يكون
 اصغر من قطر $\overline{م ن}$ ويرتاد اضعفه كلما بعد عن مركز الكرة لكن اذا دارت

الدوائر حول محور $\overline{ا و ب}$ العمودي على وتر $\overline{م د}$ فان نصف وتر $\overline{وم}$
 يرسم مستويا وترسم نهايته محيطا يكون موضوعا بتمامه على الكرة المذكورة
 فاذن ينتج اولاً ان كل قطع مثل $\overline{م د}$ حادث عن مستوى الكرة يكون دائرة
 وثانياً ان الدوائر المرسومة على الكرة تكون اصغر من الدوائر التي يكون

مركزها في مركز الكرة ومن هنا سميت الدوائر الكبرى او العظمى من الكرة
وثالثا ان الدوائر الصغرى تصغر بقدر بعد مركزها عن مركز الكرة

*** (بيان الطرق المستعملة في رسم الكرة) ***

يمكن ان نعين (شكل ٩) على محور المخرطة الذي هو AB الجسم
المطلوب خروطه على صورة كرة ثم نعين على AB من هذا المحور نصف دائرة
 AP التي قطرها AB وموازيه فاذا اخذنا آلة قاطعة
تبرز بقدر PM المساوي لما بين A و P من البعد ووجهناها
بالتوازي على امتداد AP فان سنها الذي هو PM يرسم دائرة نصف
النهار التي هي AMB فاذا اذاه وجهناها المخرطة فان هذه الدائرة
ترسم كرة

ويمكن ايضا ان نضع هذه الآلة القاطعة بحيث يتزاحق ساقها وهو P على طول
دائرة AP التي مركزها هو عين مركز دائرة نصف النهار وتكون متجهة
دائما نحو P التي هي مركز دائرة AMB و AP فمن الواضح ان
ان كلامنا PM و PM يدل على تفاضل انصاف اقطار الدائرتين
المذكورتين حين يقطع P دائرة AP وينبغي ان يكون دائما PM
مستقرا على دائرة نصف النهار وبذلك يمثك سن الآلة على سطح الكرة مع
الثبات

ويمكن صناعة اكر بواسطة الصب وبذلك تصنع كل المدفع التي هي اكر ممتلئة
ولا جل صناعة الجب والابوس التي هي اكر مجوفة ينبغي صناعة قالب تكون
صورة اجزائه مخططة (شكل ٨) ودالة على كرتين احدهما ممتلئة مثل A
والاخرى مجوفة وهي BB وبين هاتين الكرتين نصب الجب
والابوس فيرى من ذلك ان صحة العملية منوطة بصورتين احدهما ينبغي
ان يكون لجزئ A و BB شكل كروي تام الثانية ينبغي

م د شـ يكون مشابها للمثلث القائم الزاوية الذي هو $\overline{و ع}$ الحادث
عن $\overline{و ع}$ العمودي على وتر $\overline{م د}$ وعن $\overline{ع غ}$ العمودي على محور
او ثم على $\overline{د شـ}$ وعن $\overline{و غ}$ العمودي على $\overline{م شـ}$

فاذن يكون المثلثان متشابهين وينتج معنا هذا التناسب وهو $\overline{د شـ}$

$\overline{م د} :: \overline{ع غ} :: \overline{و ع} ::$ المحيط الذي نصف قطره $\overline{ع غ}$ او الذي

قطره $\overline{ع ي}$ الى المحيط الذي نصف قطره $\overline{م و}$ او الذي قطره $\overline{أ ب}$

وذلك اذا فرضنا ان عدد اضلاع المضلع كثيرة بحيث لا يوجد تفاضل ظاهر

بين $\overline{و ع}$ و $\overline{و م} = \overline{و أ}$ الذي هو نصف قطر الكرة فينتج اذن ان

$\overline{م د} \times$ محيط $\overline{ع ي} = \overline{د شـ} \times$ محيط $\overline{أ ب}$ ولكن $\overline{ع ي}$

$= \frac{1}{2} (\overline{م م} + \overline{د د})$ فاذن ينتج ان $\overline{م د} \times \frac{1}{2} (\text{محيط } \overline{م م})$

$+ \text{محيط } \overline{د د}) = \overline{د شـ} \times \text{محيط } \overline{أ ب}$

والحد الاول من تلك المساواة هو سطح المخروط الناقص الذي هو $\overline{م م د د}$

والحد الثاني هو محيط دائرة نصف النهار مضروباً في $\overline{د شـ}$ الذي هو

ارتفاع المخروط الناقص

فاذن متى كان كثيرا لاضلاع الذي هو $\overline{م د ع}$ الخ متكونا من عدة اضلاع

صغيرة جدا فان السطح المتولد منه يكون مساويا لمحيط دائرة خط نصف

الكرة مضروباً في مجموع ارتفاعات $\overline{د شـ}$ و $\overline{ع شـ}$ الخ من المخاريط

الناقصة المتولدة من دوران اضلاع للمضلع فاذن ينتج

اولا ان سطح الطيلسان الكروي وهو $\overline{م أ م}$ يكون مساويا لمحيط الدائرة

الكبرى مضروباً في سهم الطيلسان وهو $\overline{أ د}$

ثانيا ان سطح الكرة يكون مساويا لمحيط دائرة ثلثها الكبرى مضروباً في قطر

هذه الدائرة

لكن حيث كان سطح دائرة $\overline{أ م ب م}$ الكبرى يساوي المحيط مضروباً

في نصف نصف القطر اي ربعه كان سطح الكرة مساويا لسطح الدائرة

الكبرى او دائرة نصف النهار اربع مرات واذا علم انه لا اجل تغطية دائرة

الناقص الذي هو م م م م (شكل ٩)

وقد يصنع السمكري اوصانع المقوي بواسطة صفائح من المعدن او من المقوي
مجزأة الى مناطق مستديرة ملتحمة او ملصوقة بالغراسطوحا تكون مغايرة
للكرة على حسب ضيق مناطق تلك الكرة وكثرتها ويتفهمها في ذلك الطريقة
السابقة غاية النفع ويستعملها في الغالب البناؤون والنجارون
وبعد أن ينسا طريقة صناعة السطح الكروي بخاريط لزم ان نبين طريقة
صناعته باسطوانات فنقول

لنفرض اننا نمر من محور الكرة الذي هو أ ب بعدة دوائر مستوية من
دوائر انصاف النهار (شكل ١٠) بحيث تقسم الفراغ الموجود حول
هذا المحور الى زوايا مستوية صغيرة جدا ونصور زيادة على ذلك جملة
مستويات عمودية على محور الكرة فتكون موازية لبعضها فتقطع اولا
الكرة الى دوائر متوازية وثانيا تقطع دوائر انصاف النهار الى عدة نقاط
تكون على بعد واحد من بعضها فوق هذه الدوائر فتكون تلك النقاط رؤسا
للاشكال المضلعة المنتظمة المتشابهة التي اضلاعها المتقابلة متوازية فجميع
الاضلاع المتوازية المتحدة الاتجاه يحدث عنها اسطوانة تمر اضلاعها دفعة
واحدة بدائرة نصف النهار المتوازية فينتج من ذلك عدة مناطق اسطوانية
متشابهة من حيث سطحها لشقق قاوونة مضلعة وكلما كثرت اضلاع المناطق
المذكورة قرب السطح الحادث عنها من سطح الكرة

(بيان اجراء العملية) *

قد يجمع على هذا المنوال بواسطة شقق اسطوانية لاجل صناعة اكر او قطع كرة
الحرير المصغ والجلد والمقوي والحرير الخالص والورق والقز وما شبه ذلك
عما يستعمل في صناعة القباب الهوائية والمنشآت الصغيرة المثلثة بالهواء
والاكر التي يلعب بها الاكر الارضية والسماوية المعدة لتعلم على الجغرافية
والهيئة ومظلة المطر والشمس ووقاية النظر التي على هيئة نصف الكرة
لئلا تعملة لمنع ضرر ضوء المسارج وقد يكون اتجاه خطوط نصف النهار

في مظللات الشمس والمطروفي وقاية العين معيناً بواسطة سلول من الحديد
وانظر هنا صورة الشكل الآتي الذي يلزم ان يكون للشقق الاسطوانية التي
يحدث عن مجموعها سطح تكون التماماته او محيطه دوائر انصاف نهارة
واحدة

وتكون فيه عروض $\overline{م م} = \overline{م م} = \overline{م م}$ $\overline{ن ن} = \overline{ن ن}$ الخ
(شكل ١٠) من احدى تلك الشقق مناسبة لنصف القطر اللذين هما
 $\overline{م م}$ و $\overline{ن ن}$ من الدائرتين المتوازيتين وذلك لان مثلثي $\overline{م م م}$ و $\overline{م م م}$
و $\overline{ن ن ن}$ متشابهان فعلى هذا اذا كان $\overline{م م}$ و $\overline{ن ن}$ هما نصفا
قطري الدائرتين المتوازيتين المطابقتين لخطي $\overline{م م}$ و $\overline{ن ن}$ نحصل
معنا هذا التناسب وهو $\overline{م م} : \overline{ن ن} :: \overline{م م} : \overline{ن ن}$:: $\overline{م م} : \overline{ن ن}$
فاذن نعرف بغاية السهولة العروض التي تطابق النقط من كل شقة
وبذلك نعرف شكل هذه الشقق

(بيان اجراء العملية في علمي الجغرافيا والهيئة)

اعلم ان خواص الكرة تستعمل في هذين العلمين امتة ما لا مفيداً
فقد يكون شكل الارض في الظاهر على صورة سطح دوران لا يغاير الكرة
الا قليلاً

وقد مكث الناس قروناً عديدة حتى عرفوا ان الارض مستديرة من جميع
جهااتها وسميت كرة لان شكلها كروي ولم يعرف علماء الهيئة ان الارض مسطحة
من جهة وبارزة من جهة اخرى عمودية الا بمعرفة خواص الهندسة
والميكانيكة التي ظهرت في آن واحد

وحيث رأى الجغرافيون ان سطح الارض كروي قسموا السطح المذكور
بهذه الكيفية

وهي انهم اطلقوا اسم المحور على الخط المستقيم الذي يترأى لهم ان السماء
تدور حوله دورانا تاما في ظرف اربع وعشرين ساعة واطلقوا اسم قطبي
الارض على النقطتين اللتين يمر بهما المحور المذكور من سطح الارض وسموا

بسطوح دوائر انصاف النهار كل ماض منها بهذين القطبين وجعلوا دوائر
انصاف النهار الخطوط التي ترسمها هذه السطوح على سطح الارض وجعلوا
المتوازيات جميع الدوائر المرسومة على سطح الارض المذكورة بواسطة
مستويات متوازية وعمودية على الارض .

فاذا اعتبرنا ان الارض سطح دوران كان كل متوازيين على بعد واحد من
بعضها وكانت دوائر انصاف النهار هي التي تقام بها المسافة الفاصلة
للمتوازيات على السطح المذكور

وكل متوازي يمر سطحه بمركز الارض فهو أكبر المتوازيات ويسمى بخط
الاستواء لانه يقسم الكرة الى جزئين متساويين يسمى كل منهما بنصف
الكرة

ونصف الكرة الشمالي هو الذي يكون فيه القطب الشمالي وعليه فتكون بلاد
فرانسا موضوعة في نصف الكرة الشمالي ونصف الكرة الاخر يسمى جنوبيا
تسمية له باسم القطب المشتمل هو عليه

فادافرضنا ان هناك ٣٦٠ من مستويات دوائر انصاف النهار متساوية البعد
فانها تكون مشتملة على زوايا قدر كل زاوية درجة واحدة وتقسم المتوازيات
وخط الاستواء معا الى ٣٦٠ جزءا متساوية اعني الى ٣٦٠ وهي
درجات الطول فاذا قسمنا المسافة المنخفضة بين اثنتين من دوائر انصاف النهار
المذكورة التي هي ٣٦٠ الى ٦٠ جزءا متساوية بمستويات دوائر
انصاف نهار كرة اخرى فان هذه المستويات تقسم درجات الطول الى ٦٠
جزءا متساوية وكذلك الى دقائق وغير ذلك

فاذا كانت المتوازيات متساوية البعد وكان عددها ١٨٠ فانها تقسم
دوائر انصاف النهار الى ٣٦٠ جزءا متساوية وهي درجات العرض وقد
يقسم بعض المتوازيات بالمتوسطة تقسيما ثانويا تلك الدرجات الى دقائق وثوان
وثوانات وهلم جرا

* (بيان قسمة سطح الارض الى مربعات كروية لم يتيسر فيها تخطيط الاماكن) *

كما ان سطح المستوى يتقسم الى مربعات بواسطة خطوط متوازية وعمودية
ليتبين بها وضع الاشكال المرسومة على هذا المستوى كذلك يتقسم سطح
الكرة الى مربعات كروية بواسطة دوائر متوازية وعمودية ليستبين بها مع
الضبط والصحة على هذا السطح وضع سائر الاماكن والخطوط الشهيرة
كوضع المدن ومجاري الانهار واتجاه سلاسل الجبال ومحيط شواطئ البحر
ونحو ذلك

فانه متى عين في نصف الكرة ما يكون عليه وضع المكان من المتوازيات
او دوائر انصاف النهار كان وضع ذلك المكان معيناً تعيناً تاماً وطريق ذلك
ان نعد المتوازيات بواسطة درجات العرض على هذا الوجه وهو ان نبتدى من
٠ و ١٠ و ٢٠ و ٣٠ الى ٩٠ ويكون ذلك من خط الاستواء الى
القطب الشمالى من الجهة الاولى والى القطب الجنوبى من الجهة الثانية ونعد
ايضاً دوائر انصاف النهار بهذه الكيفية بان نبتدى في العد من ٠ و ١٠
و ٢٠ و ٣٠ الى ١٨٠ من درجات الطول ويكون ذلك من دائرة نصف
النهار التى تمر برصدخانه باريس مع تعيين درجات المشرق ودرجات
المغرب فاذا وصل الانسان الى ١٨٠ من درجات الطول كان على دائرة
نصف نهار باريس

ومتى عرفنا بهذه الكيفية وضع اى نقطة من الكرة على احد نصفي الكرة
كفى في الوقوف على وضعها الحقيقي الذى لا يلتبس بوضع آخر ان نعرف عدد
الدرجات الذى يدل على طولها والذى يدل على عرضها

واقع عملية في الجغرافيا والهيئة والملاحة هى التى عرف بها وضع المدن
الشهيرة والجهات العظيمة من الكرة بواسطة عدد الدرجات وسورها
في الطول والعرض الدالين على وضعها وبالجملة فهذه الطريقة تستعمل
كما رأيت في تعيين وضع اى نقطة على الكرة بواسطة عددين وهى اقرب شها
بالطريقة التى تستعمل في تعيين وضع اى نقطة على مستوي بواسطة

عددين

وقد تستعمل إحدى الطريقتين في رسم سطح الأرض الكروي على خاتمة
مستوية ذات مربعات متكونة من خطوط مستقيمة

وقد يرسم بعض الخطوط المستقيمة المتوازية المتساوية البعد التي هي $\bar{1}$ و $\bar{2}$
و $\bar{3}$ و $\bar{4}$ و $\bar{5}$ و $\bar{6}$ و $\bar{7}$ و $\bar{8}$ و $\bar{9}$ الخ (شكل ٢ لوحة ٥)
دوائر انصاف النهار المنفردة على هيئة مستقيم فترسم حينئذ الخطوط
المستقيمة المتوازية التي هي $\bar{1}$ و $\bar{2}$ و $\bar{3}$ و $\bar{4}$ و $\bar{5}$ و $\bar{6}$ و $\bar{7}$ و $\bar{8}$ و $\bar{9}$ الخ
الدوائر المتوازية المنفردة الممتدة لان خط $\bar{1}$ و $\bar{1} = \bar{2}$ و $\bar{2}$ و $\bar{3} = \bar{4}$
و $\bar{4} = \bar{5}$ و $\bar{5} = \bar{6}$ و $\bar{6} = \bar{7}$ و $\bar{7} = \bar{8}$ و $\bar{8} = \bar{9}$ الخ
وهكذا مع ان المتوازيات تصغر كلما بعدت عن خط
الاستواء

ولنفرض الان ان تقاسم $\bar{1}$ و $\bar{2}$ و $\bar{3}$ و $\bar{4}$ و $\bar{5}$ و $\bar{6}$ و $\bar{7}$ و $\bar{8}$ و $\bar{9}$ الخ
بالتناسب الى المتوازيات المقابلة لها وهي $\bar{1}$ و $\bar{2}$ و $\bar{3}$ و $\bar{4}$ و $\bar{5}$ و $\bar{6}$ و $\bar{7}$ و $\bar{8}$ و $\bar{9}$ الخ
فانها اذا فرضنا ان المربعات صغيرة جدا امكن ان نعتبر ان كل
واحد من المربعات التي رسمت على الكرة مربع مستو طوله وعرضه مناسبان
للطول والعرض من المربع الممتد بالتناسب في الجهتين على الخاتمة
المستوية

حينئذ تكون جميع الاشكال المرسومة على الكرة في الخاتمة المختصرة منقولة
على اجزاء متشابهة مستوية وعليه فتكون الاجزاء الصغيرة التي تتركب
منها الاجزاء المتشابهة متشابهة ويحدث عن خطوطها مع بعضها جلة زوايا
كما تحدثها مع المتوازيات ودوائر انصاف النهار وغير ذلك ومن هذا القبيل
ما يسمى بالخارقات البحرية

(بيان اجراء العملية في اتجاه الطرق)

(في علم الملاحة)

اذا اراد الانسان في سياحته ان يسلك طريقا واحدة يتولد عنها مغدائرة
نصف النهار زاوية واحدة فان تلك الطريق ترسم على الخاتمة الكروية بواسطة
خط مستقيم ممتد من النقطة التي يتعدى منها السباح الى النقطة التي ينتهي اليها

وبهذا الخط تعرف زاوية الطريق التي سلكها الملاح في انتقاله من محل الى آخر سواء كان سيره في بحر كروي الشكل او سطحه ذو تعريجات وانعطافات. واذ فرضنا ان الارض كروية الشكل فاما اراد الجغرافيون بذلك انهم اسع عدم تساوى اجزاءها المختلفة التي تظهر من سطحها تغير قليلا صورة سطح الكرة بالنظر لعظم جرمها وان كان في الواقع ونفس الامر ارتفاع الجبال الشاهقة لا يساوى جزأ من الف من قطر الكرة القريبة جدا من شكل الارض وعظم جرمها.

وقد تكون خشونة قشر النارية مثلا بارزة بالنسبة لجمها اكثر من الجبال الشاهقة بالنسبة لجم الارض.

ولاجل قياس ما بين تلك الاجزاء من الاختلاف مع غاية الضبط نفرض انه من نقطة معينة من شاطئ بحر او بحيرة مثلا نرسم سطح كرة يكون مركزه عين مركز الارض ونعين عليه دوائر انصاف النهار والمتوازيات المقابلة لدوائر انصاف النهار الارضية.

ولاجل تحديد وضع اى نقطة من الكرة يلزم تعيين ارتفاع النقطة المذكورة من اعلا سطح الكرة المتقدمة ثم بين عدد درجات الطول والعرض اللذين يعرف بهما المتوازي ودائرة نصف النهار الماران بالعمود الممتد من النقطة المرصودة الى سطح الكرة.

وسنبين عند الكلام على معادله السواء كل كيفية قياس ارتفاعات النقاط المختلفة من الكرة ونقلها الى سطح الكرة المجمولة حد التشبيه بواسطة الآلة المسماة بالبارومتر ومثل هذه الاقيسة ليس مما يرغب فيه الانسيان كمال الرغبة وانما يستعملها المهندس الذي يريد رسم خيطان او طرق ليعرف بها ارتفاعات الانخفاض والارتفاع اللذين يلزمه جوبهما عند ارادته الذهاب من محل الى آخر وتستعمل ايضا في قسمة الكرة الى اقطار تكون ارتفاعاتها دالة على الاقطار الحارة وعلى كثير من الخواص الطبيعية.

وزيادة على ما بين الاجزاء الارضية من الاختلاف الكثير الذي يتولد منه

تعرىجات قليلة الامتداد او كثيرته وظاهرة قليلا او كثيرا على سطح الكرة
الظاهرة ترى في صورة الارض تغيرا واختلافا عاما في جميع اجزائها بعددها
عن شكل الكرة فتراها معطحة من جهة قطبيها ومنتهجة من جهة خط
الاستواء فان اذامكث الانسان على سطح الكرة وكان في القطب فانه يكون
قريبا من مركز الارض اكثر مما اذا كان في الاقطار المتوسطة ومن باب اولي
اذا كان في خط الاستواء

ثم ان معرفة تسطح الارض مهمة جدا في الصناعة لما ان تسطحها يجعل
درجات العرض طويلة مربع جهة القطب وقصيرة من جهة خط الاستواء
وله تأثير عظيم في قوة الثقل التي تنقاد اليها جميع الاجسام وهذه القوة في جهة
القطب اعظم منها في جهة خط الاستواء ومن هنا البندول المنقول من القطب
الى خط الاستواء فانك ترى حركته تبطئ شيئا فشيئا واذالم يكن هنالك مانع
نرى عمود الهواء الواقع على القطب اثقل من العمود الذي يقع على خط
الاستواء وينتج من ذلك تنوعات في حركة الآلات المائية والآلات البخارية
وغيرها

وسياتي لك عند الكلام على الآلات والقوى المحركة في المجلد الثاني والثالث
بيان القاعدة التي بمقتضاها يتغير ثقل الاجسام وثقل الكرة الهوائية وسرعة
البندول في الأماكن المختلفة من الارض وبيان ما ينتج عن ذلك من النتائج
المستعملة في عدة فنون

* (بيان الكرة السماوية) *

تستعمل الكرة المنقسمة بواسطة المتوازيات ودوائر انصاف النهار الى
مربعات ليعرف بها وضع الكواكب في السماء كما يعرف بها ذلك على الارض
فنفرض اولاً ان السماء كرة ومحورها مركزها عين محور الارض ومركزها وثانيها
ان جميع الكواكب تكون موضوعة على سطح الكرة المذكورة
وحيث ان معظم الكواكب وهي النجوم على بعد واحد من بعضها في الكرة
السماوية كان وضعها الاصل لا يتغير

فاذا كان هنالك نجم موضوع مع غاية الضبط على اتجاه المحور بمعنى انه قريب جدا من القطب كان بمفرده ثابتا اذا تحركت النجوم الاخرى فلذا سمي بالنجم القطبي لقربه منه ثم تراه يرسم دائرة صغيرة جدا وقد يتغير وضع جميع الكواكب بالنسبة اليها فلذا كان الفلكيون يقيسون عدد درجات الطول والعرض التي تدل على الوضع المذکور في اليوم بتسامه وفي ساعات معلومة منه فاذا عتبروا في السماء عدة نقط منفردة عن بعضها تدل دلالة تامة على الطريق الذي يقطعه الكوكب فانهم يرون من هذه النقط بخط منحن مستمر وهو الطريق الذي يسير فيه الكوكب بتحركه الظاهري على سطح الكرة السماوية

وبعرفة هذه المنحنيات المرسومة بحركة الكواكب علم النجمون انها مسطحة وقابلة لان تكون مرسومة على مخروط قائم مستديرا وسطح دوران مخروطي وهو القطوع المخروطية فالكواكب السيارة ترسم في سيرها قطوعا ناقصة ويترآى ان ذوات الذنب ترسم قطوعا مكافئة وان الشمس تشغل نقطة احتراق هذه الخطوط المنحنية (راجع الدرس الثالث عشر)

ولهذه العمليات الهندسية مدخل عظيم في سير الكواكب فبدونها لا يمكن ايجاد خاصية التجاذب العظيمة التي تبين قوى الكواكب السيارة وحركاتها وتجعل لعلم الفلك عند المتأخرين علو شان ومزيد اعتبارا كثيرا كما كان عليه عند المتقدمين

ولذا كانت الهندسة لا تتغير في تطبيقاتها على الصناعات من ادنى نحاس يصنع قعسا على شكل مخروط قائم مستديرا يقطعه بالانحراف على وضع مائل اذا اراد تطبيقه على اناء مثلا الى اعلام مهندس يحسب سيرا الاجسام السماوية وشكل المخاريط النظرية التي قواعد الخطوط المنحنية المقطوعة بمركز الكواكب فان الهندسة في ذلك كله واحدة وكذلك السطوح والقطوع والخطوط المنحنية المستعملة في اسهل الصنائع واعظم تطبيقات العلوم فانها ايضا واحدة لا تتغير

وقول ان الغرض الاصلى من هذه المقابلات هو تسهيل المسائل التى بدون ذلك يفزع الانسان من مطالعتها لكن يسهل عليه فهمها ان وقف على ما بينها من المشابهة وعلى كيفية اجراءاتها عند جميع الناس حيث انها تستعمل فى اشغال كثيرة مباشرة علميتها كل يوم بايدينا او تكون نصب اعيننا فلا مانع ان نقول ان ذلك هو حقيقة الهندسة التى تطبق على العلوم والفنون والجرف

واذا رصدنا مع التأمل وانعان النظر منظر السماء فى ليلة صحو رأينا الكواكب التى تزين القبة السماوية لا تمكث ثابتة بالنسبة اليها بل نراها ترتفع على التوالي كالشمس من جهة المشرق آخذة الى الجنوب وتنخفض جهة المغرب حتى تختفى الى غد

وكل نجم يرسم فى هذه الحركة دائرية وجميع هذه الدوائر متحدة المحورو هو عين محور الارض ولذا كان يترأى لنا من منظر السماء كأن القبة السماوية لها حركة دوران حول محور الارض

وقد اعتقد كثير من الناس فى قرون عديدة ان جميع الكواكب تدور على الوجه السابق حول الارض التى هى على اعتقاد العامة ثابتة فى مركز الدنيا وبالهندسة يظهر لنا سر هذا المنظر السماوى وما يبدو فى شأنه من التخيلات

وذلك اننا بعيدون عن الكواكب بحيث ان الاشعة النظرية الصاعدة من اماكن مختلفة من الارض الى كوكب واحد تظهر باجمعها متوازية فاذن يكون منظر السماء واحدا سواء كان الناظر على سطح الارض او فى مركزها فاذا فرضنا ان الناظر فى المركز وان السماء تدور بحركة تامة منتظمة فى ظرف اربع وعشرين ساعة حول محور الدنيا كانت الارض ثابتة واذا فرضنا ان الشمس ثابتة لزم عكس ذلك وهوان الارض تدور حول محور الدنيا وفى هذه الحركة يكون الكوكبان اللذان يترأى انهما ثابتان هما قطبا الدنيا وحيث ان بعد كل كوكب من هذين القطبين لا يتغير فان كل كوكب صاعدا كان اوهابطا بالنسبة

لافتق عدة نقط مختلفة من الارض يكون دائرًا على شعاع نظري يصنع مع الشعاع الذي يتجه نحو القطب ويدل على محور الارض زاوية واحدة فاذن يترأى لسان كل كوكب يتحرك على مخروط واحد مركب من الاشعة النظرية ولا تزال جميع الكواكب عند قربها من مخاريطها ثابتة على بعد هذا الخاص بها وعليه فيكون منظر السماء واحد الوفرضنا ان الارض ثابتة والسماء متحركة فن ثم كانت مشاهدة مناظر السماء تعرف بواسطة خاصية سهلة جدا من دوران السطوح والنقط حول محور ثابت فاذا كانت الارض ثابتة فان القبة السماوية تدور حول محور الارض وبالعكس اعني فانه اذا كانت القبة السماوية ثابتة فان الارض تدور على نفسها ومتى عرفنا قواعد الحركة المستديرة رأينا ما استقر عليه رأى المهندسين في شأن السماء والارض

وليست الكرة بمفردها سطح دوران بحيث يمكن تولده بدوران دائرة حول خط مستقيم فاذا فرضنا ان محور السطح المذكور لا يمر بمركز الدائرة فانه يحدث سطح من جنس السطوح التي تسمى بالحلقات لان الحلقات التي تستعمل في الصناعة هي نوع خاص من جنس السطوح المذكورة ومن المعلوم ان سائر مستويات دوائر انصاف النهار تقطع الحلقة في دوائر متساوية كما في (شكل ١٢) وان جميع المستويات المتوازية تقطع ايضا السطح المذكور في دوائر نصف قطرها مختلف

واعلم ان الخوازم التي يلبسها الرجال والنساء في اصابعهم هي في الغالب سطوح مستديرة تسمى بالحلقات

ويستعمل في الفنون حلقات مثل أ ب ث كما في (شكل ١٣)

تربعين هـ د ش من رزة هـ د ش ف المسمرة في البلاط او في حائط ليحدث عنها حلقة ثابتة يرتبط فيها جملة حبال

ويستعمل ايضا شكل الحلقة او جزء منها في تزيين العمائر

وقد يكون ربعان من الدائرة وهما ا ا و خ خ (شكل ١٤) الموجودان في رؤس الاعمدة وقواعدهما ربعين من السطح الخلق المتولد من

دوران دائرة حول محور العمود وتكون بسطة ب ب نصف سطح
حلقى مصنوع من دوران الدائرة حول محور العمود المذکور

ويستعمل المخرج ايضا السطح الحلقى لصناعة القبة ومن ذلك ما يشاهد
في العمارة الظريفة التي بسوق القمح بباريس من القبة الظريفة التي على
شكل نصف كرة مثل ا ب ث كما في (شكل ١٥) حولها سطح

حلقى جانباه مركبان من نصف كرتي ا د ه و ث ف غ
وقد تركب الآنية المستديرة القديمة التي على هيئة (شكل ١٢) من اجزاء

اسطوانية مثل ا ب و ث د و ه ف و ع ش ومن اجزاء
حلقية ايضا مثل م ك و ح غ و رضه و ط ع و س نه
وحين يضع الخجار الحراطة حول باب مقنطر مصمت ترسم الاجزاء المستديرة
من حديد قارته سطوحا حلقية

ويكون ناقوس ا ب ث د ه (شكل ١٧) المستعمل للدق
في المعامل والكنائس والمساكن الساذجية سطح دوران مركبا من اجزاء
مخروطية ومن اجزاء حلقية

ثم ان البحارة يستعملون حلقة غير كاملة الاستدارة ويسمون بها بالقشرة
ويعلقون على هذه الحلقة حبلا يكون مسكنه تجويفها الخارجى ويشد
طرفاه بحيث يتعذر خروج الحلقة منهما ثم يوضع فيها حبل ثان يتحرك فيها
بدون مانع

وقد اجتهد علماء الهيئة زمانا طويلا في تطواهر زحل ونخاته الذي يظهر مع
التدريج بهيئات مختلفة مثل ا و آ و ٢ و ٣ الخ كما في (شكل ١١)
ولم يكنهم الوقوف على حقيقة ذلك لكنهم اذا تجرؤوا في المعارف الهندسية
عرفوا بغاية السهولة ان خاتم زحل الذي تتغير مناظره وهي ا و آ و ٢
ويكتنف تارة كرة زحل وتارة يقطعها يكون في الحقيقة ثابت الصورة والعظم
وتكني طريقة المساقط السهلة في ايضاح الخاتم المذکور

والسطح الحلقى الذي يستعمل في الفنون بكثرة هو الطائرة فالطارات المستعملة

في البكرات هي اسطوانات مسطحة بالكلية من جهة عرضها ومجوفة من جهة محيطها على هيئة سطح حلقى متولد عن دوران قوس دائرة ويحدث ايضا عن قطع عجلات بعربة مثل م و م (شكل ١٨) سطح دوران حلقى ويكون جزء هذه العجلات الذى فى مركزها ممجما وهو ما يسمى بقلب العجلة وهو **أ ب ث د** ويضم سطح الدوران المذكور بانصاف اقطار متساوية البعد عن بعضها الى الحلقة التى تصنعها القطع وتكون القطع المذكورة المتركة من اجزاء متساوية مغطاة بجلب من الحديد يتصلب بها اطراف القطع التى هي مسطرة عليها .

وهناك عجلات تكون سائر انصاف الاقطار بالنظر اليها فى مستو واحد مثل ر ر ر وحينئذ تكون الجلب المتخذة من الحديد عمودية من جميع الجهات على المستوى المذكور ويحدث عنها اسطوانة

وهناك عجلات اخرى تكون انصاف اقطار **ض ض و ض ض** الخ بالنظر اليها متجهة كاضلاع المخروط القائم المستدير والجلب العمودية من جميع الجهات على استقامة انصاف الاقطار المذكورة يحدث عنها فى حداثها سطح مخروط ومن هذا القبيل العجلات المخروطية .

وعند ذكر الخواص الميكانيكية للعجلات نبين ما لنوعى سطوح الدوران المذكورة من المنافع والمضار لاجل نقل الاثقال .

وسطح البراميل هو احد سطوح الدوران التى اشتهرت دون غيرها بساذجية تركيبها لانها مركبة من الواح رقيقة السمك تسمى دفوقا ملتصمة باضلاعها الضيقة جدا بحيث اذا طويت مع الشدة بدوائر متوازية كدوائر **أ ب و ا و و ش و ش د** كما فى (شكل ١٩) وبقيت على ذلك الطى حدث عنها سطح دوران متوازياته هي عين الدوائر وجوانبه هي التحامات الدفوف

ولا جل غلق سطوح الدوران المذكورة تصنع مستويا مستديرا من الواح اخر رقيقة جدا تسمى بالقاع ويكون هذا المستوى مفصلا على حسب الاطراف

ومصنوعا على صورة قطع مخروطية ليدخل في حزم مستدير يسمى مدخلا
ويحفر على الوجه الداخل من الدفوف.

ويجب على صانع الدفوف بعد أن يجعل لها سمكا مناسباً أن يضمها من الطرفين
بان يهد وجهها الرقيق على قارة كبيرة ثابتة يقال لها الرندج الكبير
ولا يتوقف هذا العمل الا على مجرد النظر فلذا كان ينشأ عنه عدم الانتظام
الذي يضر بصناعة البراميل

ويجب علينا ان نتم باستعمال طرق هندسية لنجعل للدفوف شكلا كامل
الانتظام فلنفرض ان كل دف يثنى بين ثلاث نقط ثابتة كنقط **أ** و **ب**
و **ث** (او اكثر شكل ٢٠) وان **و** عبارة عن محور برميل دفه **أ ب ث**
فيتحصل معنا قارة سلاحها موضوع في المستوى الجانبي بمعنى انه يمر بمحور
و ولنفرض ان هذا السلاح تارة يمكن تدويره حول المحور المذكور وتارة
يمكن سيره ور جوعه في مستوى دائرة نصف النهار فاذا قربت القارة
على وجه لا ترق من دف **أ ب ث** فالتا نصنع الوجه الصغير او الامن اعلاه على
حسب الشكل المطابق لصورة البرميل الجانبية وثانيا بقلب هذا الدف
اي جعل اعلاه اسفله

فاذا صنعت الدفوف بهذه الطريقة كانت صالحة لصناعة سطح دوران مع غاية
الضبط

وقد اسسوا بمقتضى هذه الطريقة فبريئة عظيمة في مدينة غلاسكوونية
ببلاد ايقوثيا لصناعة البراميل ولا وجود لها الا في فرنسا ايضا
فبريئة يظهر انها نجحت في هذه الصناعة

فاذا اجتمعت سائر الدفوف نشرنا اطرافها بشرط أن يكون سطح القطع
عموديا على المحور ثم نحفر الحز المسمى مدخلا بقارة مشابهة للجنكاروهي آلة
من آلات النجارة لها اضلع مسطح يوضع على المحيط المرسوم باطراف الدفوف
بخلاف سلاح القارة الرفيع البارز فانه يكون على قضيب قائم على
بعد كاف من اسفل الضلع المسطح لاجل تحفر المدخل ثم تقطع القصاصات على

حسب دائرة نصف قطرها يساوي نصف قطر المدخل ومتى يتم ذلك نبسط
الدخول من جهة اطرافها حتى يمكن ادخال القاعات في المدخل ثم يرتق البرميل
بان نضع دوائر محددة متخذة من الخشب او الحديد عوضا عن الدوائر الوقتية
المستعملة لصناعة البرميل المذكور.

والبراميل هي اعظم ما يتخذ من الخشب في صيانة المائعات بحيث لا يفقد
منها شيء وهذا انما يكون في صورة جودة الخشب واثقان صناعة البراميل.

ومن جملة تنظيم وسق السفن ان يكون فيها مقدار عظيم من البتاني التي تشغل

عدة طبقات مثل أ ب و ش د ه ف كما في (شكل ٢١)

وتسمى بالصف الاول والثاني والثالث من طبقات التنظيم ومن الضروري

ان نعرف قبل ذلك ارتفاع هذه الطبقات المذكورة لنعلم المسافة التي تشغلها

براميل النبيذ والماء والعرق وما شبه ذلك من باطن السفينة المسمى خنبا

وكذلك المسافة التي تبقى لحمل المواد الاخر التي يتم بها وسق السفينة

(وما ينبغي التنبيه عليه ان البتاني المشار اليها بتلك الحروف وهي م و د

و ح المفروض تساويها متلاصقة فاذا نكثرون مراكزها الثلاثة متباعدة

عن بعضها بمقدار يساوي القطر الاكبر من كل واحدة منها فاذا مكدنا في مثلث

م د ح من رأس د خطا مستقيما كخط د ش عمودا على م ح

وفرضنا ان م ش = ش ح = ١ نتج ان م د = ٢ ثم انه

بمقتضى خاصية مربع وتر الزاوية القائمة ينتج ان د ش = م د = ٢

م ش = ٢ = ٤ = ١ = ٣

ويؤخذ من ذلك ان خط د ش يساوي تقريبا ٧٣ ر ٩ الان

مركزي م و ح يكونان على بعد واحد من الارض مساو لنصف قطر

البتاني = ١ فاذا نكثرون مقدار ارتفاع مركز د فوق الارض ٧٣

ر ٩ واذا كانت بنية د موضوعة وضعها محكما على بنية ح كان ارتفاع

مركز د فوق الارض مساويا لنصف القطر ثلاث مرات فاذا نكثرون

نحسب كل صف من البراميل ٧٤ مجزا من مائة من نصف القطر تقريبا)

ومع ان ترتيب (شكل ٢١) يوفر ٢٧ جزاً من مائة من نصف قطر
البتاني يضيع من الانسان مسافة كبيرة ويمنع هذا الضرر باستعمال
صناديق من الحديد على صورة شكل مكعب توضع فيها مياه السفن وتحفظها
حفظاً جيداً

وقد يصنع في الترسانات البرية والبحرية بواسطة الكلال ودانة الابوس والجب
وغيرها من الدانات المجوفة التي قطرها واحد وعيارها واحد كيمان منتظمة
بمستويات اقبية كما في (شكل ٢٢) ويكون شكل قاعدة هذه الكيمان في العادة
مستطيلاً وتكون صورتها على شكل منشور مثلثي واوجهها متماثلة الوضع
(ولاجل معرفة عدد الكلال التي محتوي عليها كوم يكون على شكل منشور
ناقص منتظم ككوم (شكل ٢٢) نحسب اولاً مقدار الكلال التي في احد
اوجه مثلث \overline{AB} \overline{C} فاذا عددنا مثلاً ما في صف \overline{R} من الكلال وجدناه
يبلغ هذا العدد وهو

$$(1 + 2 + 3 + \dots + R)$$

فتضرب ثلث هذا العدد في مجموع الكلال التي في الصفوف الطرفية وهي
 $\overline{AA} + \overline{B} + \overline{C} + \overline{D}$ الدالة على اضلاع المنشور الناقص المنتظم
وهو $\overline{AB} \overline{C} \overline{D}$

وليكن \overline{D} مثلاً عبارة عن عدد كال صف \overline{AA} فيكون كل من صفي
 \overline{B} و \overline{C} محتوي على كال صف \overline{R} اكثر من احتواء
صف \overline{AA} عليها فينتد يكون $\overline{AA} + \overline{B} + \overline{C} + \overline{D} = 3 \overline{D}$
 $+ 2 \overline{R} + 2$

فان يكون مقدار مجموع كل الكوم $(1 + 2 + 3 + \dots + R)$
 $\times (3 \overline{D} + 2 \overline{R} + 2)$ ومعرفة هذا الحاصل سهلة
فاذا لم يكن في صف \overline{AA} الا كلة واحدة فان المنشور يصير هرمياً مربعياً
عدد كاله

$$\frac{1}{6} (1 + 2 + 3 + \dots + R) (3 \overline{D} + 2 \overline{R} + 2)$$

او $\frac{1}{3}$ (١ + ٢ + ٣ الخ + ر) (٢ + ر + ١) واذا كان
الكوم مثلثيا فان $\overline{AA} = \overline{AB} = \overline{AC}$ و $\overline{AB} = \overline{AC}$ و $\overline{AC} = \overline{AB}$ فان
ينتج ان $\overline{AA} + \overline{AB} + \overline{AC} = \overline{AB} + \overline{AC} + \overline{AB}$
فان يكون عدد كل الكوم المثلثي الذي صفوف كاله ر

$$(١ + ٢ + ٣ الخ + ر) \times \frac{1}{3} \cdot (٢ + ر)$$

(الدرس الثاني عشر)

(في بيان السطوح الخلزية)

ينبغي لنا قبل الشروع في بيان خواص السطوح الخلزية وتطبيقاتها على
الفنون ان نختبر المنحنيات التي يكون بها تركيب هذه السطوح
وذلك بان نرسم مستطيل \overline{AB} و \overline{CD} (شكل ١) ونقسمه الى قطع متساوية
العرض بواسطة خطوط مستقيمة متوازية مثل \overline{AB} و \overline{CD}
و \overline{AC} ونمد خطوط \overline{AA} و \overline{BB} و \overline{CC} و \overline{DD} المائلة
وهلم جرا فتصير تلك الخطوط بالضرورة موازية لبعضها بحيث انها تقطع
متوازيات اخرى مثل $\overline{AB} = \overline{AC}$ و $\overline{AB} = \overline{CD}$ و $\overline{AC} = \overline{CD}$
و $\overline{CD} = \overline{AB}$ وغير ذلك الى اجزاء متساوية .

ولنفرض الان ان المستطيل المذكور ينثني حتى يصير على صورة شكل
اسطوانى يكون احداض لاعه \overline{AB} و \overline{CD} وتغلق الاسطوانة بالكلية بحيث
ينطبق ضلع \overline{AC} على \overline{AB} انطباقا تاما فتقع حينئذ نقطة \overline{A}
على نقطة \overline{C} و \overline{B} على \overline{D} و \overline{C} على \overline{B} و \overline{D} على \overline{C} وهم
جراوحيث كانت الاضلاع موازية لضلعي \overline{AB} و \overline{CD} كانت معينة
على مستطيل \overline{AB} و \overline{CD} بخطوط \overline{AC} و \overline{BD} و \overline{AD} و \overline{BC}
الخ المستقيمة الموازية لضلعي \overline{AB} و \overline{CD} الا ان هذه الخطوط المستقيمة
المتوازية تقطع على المستطيل مائلات \overline{AA} و \overline{BB} و \overline{CC} و \overline{DD}
و \overline{AC} الخ في زوايا متساوية حيث ان هذه المائلات متوازية وبالجملة
فاذا طبقنا المستطيل على الاسطوانة (شكل ٣) كانت كل زاوية من

الزوايا المتألفة من مائلات ١١ و ب ر و ث ش الخ (شكل ١)
ومن اضلاع ح خ و ر ص و ط ع الخ لا تتغير
فحينئذ اذا انضمت مائلات ١١ و ب ر الى الاسطوانة في نقط
ا و ب و ث و ش و د الخ (شكل ١) حدث عنها
منحن يتكون معه مع اضلاع الاسطوانة زاوية واحدة في جميع جهاته
وهذا المنحنى المنفرد هو الذي يطلق عليه اسم الخط البرمى او الحلزونى
الاسطوانى

واذا اتى المستطيل بحيث يجرث عنه اسطوانة فاعدها دائرة تحصل الخط
البرمى المستعمل كثيرا فى الفنون

ولنفرض ان نقطتين يسيران فى زمن واحد من نقطة ش احدهما على
ضلع ش ك من المستطيل (شكل ١) والاخرى على مائل
ش ك ونفرض ايضا ان هاتين النقطتين يجران فى زمن واحد بخط ح خ
اولا وبخط ر ص ثانيا وبخط ط ع ثالثا وهكذا فيحصل
لنا بمقتضى خاصية الخطوط المتناسبة هذا التناسب وهو

ش خ : خ غ :: ش ص : ص ض :: ش ع : ع ه وهكذا

فاذن تبعد النقطة التى تتبع اتجاه مائل ش ش من قاعدة ش ك
بكميات خ غ و ص ض و ع ع الخ مناسبة للبعد بين ضلع
و ش و اضلاع ح خ و ر ص و ط ع الخ

وبناء على ذلك اذا ادركنا حول الاسطوانة احد اضلاعها بضلع ش و
وكان هنالك نقطة سائرة على طول هذا الضلع بحيث تكون المسافات المقطوعة
بالنقطة والضلع المذكورين متناسبة فان النقطة المذكورة ترسم خطا برميا
او حلزونيا كالخط المرسوم فى (شكل ٣) فحينئذ يكون الشكل الحلزونى
حادثا من النقطة التى عند دورانها حول المحور تسير فى الجهة الموازية لذلك
المحور بالنسبة للكمية التى تدور بها حول المحور المذكور

وبناء على ذلك يمكن للخراط ان يرسم شكلا حلزونيا على اسطوانة بواسطة آلة قاطعة تسير بالتوازي للمحور وبالنسبة للكمية التي تدورها الاسطوانة حول المحور المذ كوروبناء عليه ايضا ينبغي في كل دور من الاسطوانة لاجل رسم الشكل الحلزوني ان تكون آلة الخراط سائرة على طول واحد وهذا الطول المتساوي من جميع جهاته هو المسمى بخطوة البريمي او الحلزوني فاذن تكون مسافة الادوار المختلفة للخط البريمي او الحلزوني المقيسة على كل ضلع ملازمة لحالة واحدة وهي الخطوة الحلزونية .

ولنفرض (شكل ٢) انه بواسطة الطبع أو غيره نستخرج صورة من (شكل ١) بمعنى اننا صنعنا شكلا ثانيا مماثل الاول ونثنيه على اسطوانة (شكل ٤) المساوية لاسطوانة (شكل ٣) فيحدث شكل حلزوني متجه اتجاهها مضاد لاتجاه الشكل الحلزوني المتقدم في (شكل ٣) .

وحلزون (شكل ٣) هو الدائرجهة اليمين وحلزون (شكل ٤) هو الدائرجهة الشمال ومتى كانت الاسطوانتان المتقدمتان متساويتين كما في شكل ٣ و ٤ وكانت خطوة البريمي ملازمة لحالة واحدة فان الحلزون الدائرجهة اليمين يكون مماثلا للحلزون الدائرجهة الشمال .

* (بيان شكل البريمي الحلزوني) *

وعوضا عن ان ندير نقطة واحدة حول المحور يمكن ان ندير بخول هذا المحور اى شكل مستو كمثلث (شكل ٥) او مربع (شكل ٦) فعلى ذلك نرسم سطوحا يمكن ان تكون مجوفة او محدبة على اسطوانات يمكن ايضا ان تكون مجوفة او محدبة ويطلق اسم البريمات على المجوفات والمحدبات الحلزونية الشكل المتكونة من دوران مثلث او مربع حول الاسطوانة سواء كان ذلك المثلث او المربع مجوفا او محدبا وهذا المثلث او المربع يسير على طول الخط البريمي مع ملازمته لصورة مولده في وضع واحد بالنسبة لآثار الخط البريمي ولا اتجاه محور الاسطوانة

ويطلق اسم البريمي على اسطوانة **أ ب ث د** (شكل ٥ و ٦) التي تحتوى

على البرمة فوق سطحها المحدث ويطاق ايضا اسم بيت البرمة على الاسطوانة
المجوفة التي لها برمة حلزونية الشكل محفورة في سطحها المجوف
فاذا كان هنالك اسطوانتان قطرها واحد وكان الحلزون المتقدم مرسوما
على محيطهما ورسمنا فيه بعد ذلك مولد البرمة فانه من حيث كون احدهما
مديبة والاخرى مجوفة يحدث من ذلك برمة وبيتها ويكونان متحدين في البرمة
والخطوة فاذن نقول انه يمكن ادخال البرمة في بيتها بان نجعلها تسير وتدور
في ان واحد بدون ان تترك شيئا من الفراغ بينها وبين بيتها وبدون ان ينقص من
حجمها شيء في سائر الجهات

واذا فرضنا اننا نبدا بادخال طرف البرمة المحدث من البرمة في طرف البرمة
المجوفة من بيت البرمة فان اسطوانتي البرمة وبيتها يكونان منتظمين بحيث
يكون محوراهما على خط مستقيم واحد فاذا تقرر هذا فان احدى
الاسطوانتين متى كانت ثابتة فان الاخرى تدور بحيث تسير كل نقطة من برمتها
بالتوازي للمحور وبالنسبة لكمية التي تدور بمقدارها وعلى حسب النسبة
المعينة بانحناء الخط البرمعي المستعمل مولد البرمات فبذلك ترسم الصورة
الجانبية من سطح البرمات المحدثه سطح البرمة المجوفة فاذن تكون البرمة المحدثه
تماما في المجوفة من غير ان يكون بينهما فراغ وهذا هو حركة البرمة في بيتها
وقد صنعوا بطريقتة هندسية مع الاهتمام بالبرمات المثلثية والمربعية ليتيسر
للتلاميذ ان يقفوا على حقيقة مساقط (شكلي ٥ و ٦) وهذا هو اعظم
ما يمترون به في العمليات الهندسية

وكما انه يوجد نوعان من الحلزونيات احدهما يدور جهة اليمين والاخر جهة
الشمال يوجد ايضا نوعان من البرمة وبيتها احدهما يدور جهة اليمين والاخر
جهة الشمال ومن المعلوم انه لا يمكن ادخال البرمة الدائرة جهة اليمين في بيت
البرمة الدائرة جهة الشمال وان البرمة الدائرة جهة الشمال لا يمكن
ادخالها في بيت البرمة الدائرة جهة اليمين
والبرمات استعمال في القنون غير متقطع فانها تارة تستعمل لتحويل حركة

مستقيمة الى حركة مستديرة وتارة تستعمل لعكس ذلك كما ستعرفه عند الكلام على الآلات في المجلد الثاني من هذا الكتاب

ولتنبه كما في (شكل ١) على ان خطوة $\overline{OA} = \overline{AB}$ الخ من البريمة يمكن ان تكون صغيرة جداً بالنسبة لطول \overline{OS} من محيط الاسطوانة وعلى ان مثلث \overline{OSK} يحدث مقياساً مركباً من اجزاء \overline{OX} و \overline{XG}

و \overline{XV} و \overline{VG} الخ التي نسبتها لبعضها $1 : 2 : 3$ وهلم جرا وهو سلم مشابه للسلم الذي تقدم ذكره في الدرس الخامس (شكل ٥)

فاذا كان محيط القاعدة دالاً على اجزائه \overline{OS} و \overline{XG} و \overline{XV} الخ المتساوية لزم ان يكون الخطأ البين في هذه الاموال قليلاً

بالنسبة لارتفاعات \overline{XG} و \overline{XV} و \overline{EG} وهلم جرا

(بيان اجراء العملية)

قد اكتسبت الصناعة في الخاصة الهندسية المتقدمة مبلغاً عظيماً بالنظر لتقسيم الخطوط المستقيمة الى اجزاء متساوية تقسيمياً صحيحاً بواسطة البريمة

ولنقسم قاعدة \overline{AB} (شكل ٧) الى اجزاء متساوية قسمة صحيحة ونفرض ان خطوة بريمة \overline{MN} التي محورها مواز لخط \overline{AB} يكون

مقداره عشر محيط الاسطوانة المتصل عليها البريمة المذكورة وان مقدار نصف قطر هذه القاعدة يبلغ عشر نصف قطر مسطح \overline{CH} المستدير

المنقسم محيطه الى عدة اجزاء متساوية ونفرض ايضاً ان الخطأ الناشئ عن تقاسيم مسطح \overline{CH} يبلغ جزءاً من الف من متر وهذا الايتأقي في العمليات

المضبوطة فيكون محيط مسطح \overline{CH} اكبر من خطوة البريمة مائة مرة وكل دور من ادوار \overline{CH} لا يمكن ان يقدم شاخص \overline{SH}

المجذوب بهذه البريمة ولا يؤخره الا بمقدار خطوة واحدة فاذن لا يكون الخطأ الحاصل على المسافة التي يقطعها الشاخص الاجزاء من مائة من الخطأ

السابق في تقاسيم دائرة \overline{CH} فاذا لم يتجاوز الخطأ الحاصل على \overline{CH} جزءاً من الف من متر فلا يمكن ان يتجاوز الخطأ الحاصل على \overline{AB} جزءاً من

مائة من ملية اعى انه لا يجاوز طول اقل من الطول الذى يعرف مقداره بمزيد الالتفات وامعان النظر

واذا ادركنا دائرة $\overline{ح خ}$ بحيث يكون الدليل الثابت الذى هو $\overline{ز}$ مقابلا بالتوالي للتقاسيم القريبة جدا من هذه الدائرة وهى ١ و ٢ و ٣ الخ فالتقسيم مستقيم $\overline{أ ب}$ الى اجزاء صغيرة جدا بحيث لا يدرك ما بينها من الاختلاف فى التساوى وقد تكون الآلات المعدة لتفصيل البريمات متناسبة على حسب النسب التى يلزم جعلها بين التقاسيم الطولية لخط $\overline{أ ب}$ وتقاسيم دائرة $\overline{ح خ}$ فز ينبغي ان نبين للتلاميذة تلك الآلات بيانا شافيا فنقول

تختلف البريمات كثيرا على حسب شكل البرمات فتارة يكون قطع البرمة العمودية على الخزون المولد مثلثا متساوى الاضلاع وتارة يكون مربعا وهذا هو الذى يحدث عنه البريمات ذات البرمة المثلثية (شكل ٥) والبريمات ذات البرمة المربعة (شكل ٦)

ونستعمل البريمات لتقريب القواعد والاسطوانات المتوازية من بعضها اولا بعدا عما بحيث لا يحصل تغير فى توازيها ولنتصور الان بريمتين متساويتين تكون كل واحدة منهما فى طرف اسطوانتين موضوعتين وضعهما منتظما بحيث اذا ادركنا البريمتين بمجسملان محورى الاسطوانتين قريبين او بعيدين من بعضهما فاذا ادركنا البريمتين بكمية واحدة فان الاسطوانتين يقربان او يبعدان من بعضهما على حد سواء لكن المسافة المقطوعة بالدليل الثابت فى كل برمة يمكن ان تكون اكبر من خطوة البرمة بمقدار ١٠٠ و ٢٠٠ و ٣٠٠ وحيث لا يحدث عن المسافة المقطوعة بالدليل لاجل ابعاد الاسطوانتين او تقريبيهما من بعضهما الا ١٠٠ او ٢٠٠ او ٣٠٠ وهو اقل من الخطوة المذكورة ويعلم من ذلك بتظيم بعد الاسطوانتين مع غابة الضبط ولهذا فى كثير من العمليات اهمية عظيمة تتعلق بالصناعة

ويمكن اجراء عمليات اخرى من هذا القبيل لقياس الاطوال او جوبها مع غابة

الضبط الذي لا يمكن الوصول اليه بمجرد حاسة البصر ويظهر في هذا المعنى من صناعة آلات النظر وعلم الهندسة امثلة جمة ناشئة من استعمال بريمات المتجاذب

فاذا كان المطلوب جعل آلة لها ثلاثة ارجل او اربعة بحيث يكون سطحها مستويا فالتاثير تحت كل واحدة من هذه الارجل بزيمة تجاذب نديرها مع التدرج يمينا وشمالا على حسب انخفاض الآلة او ارتفاعها من جهة احدى هذه الارجل فيذلك تقرب الآلة من الوضع الحقيقي بدرجات دقيقة جدا ويهدا تنقف في المكان اللازم وقوفها فيه نفع غاية الضبط وهنالذ بريمات تجاذب في الآلات ذات الانعكاس تستعمل لاجل وضع المراة في وضعها الحقيقي وبريمات اخرى لتقريب بعض اجزاء من الآلات من بعضها والافصالها عنها وغير ذلك

وقد يرى في الامور الطبيعية عدة نباتات سارية على صورة شكل حلزوني ترتفع حول اسطوانة منتصبة بكذع شجرة كبيرة او صغيرة او حول وتد بسيط فتقسم شكلا حلزونيا وفي بعض الاحيان يتفرع عن النبات اغصان طويلة جدا متعلقة بنقط الارتباط المتفرعة هي عنها بواسطة المياف تنشئ على صورة شكل حلزوني وقد يكون في النباتات والاشجار عروق باطنية ملتفة ايضا على صورة شكل حلزوني وهنالذ عدة نباتات فروعها واوراقها وثمارها خارجة عن الفرع الذي يحملها على حسب اتجاه حلزوني

(بيان اجراء العمليات)

قد يستعمل في للفنون تلك الاشكال الحلزونية الموجودة في النبات اما لاجل ربط الاجسام او ادخالها في بعضها

فن ذلك ان ارباب الجراحة اذا ارادوا لف عصابات على اعضاء صورتها تقرب من شكل الاسطوانات كالاصابع والسيقان والاذرعة فانهم يلقونها بعصابات يكون اتجاهها حلزونيا ليستروا بالتدرج مسافة من العضو اعرض مما تستر العصابة التي يسهل بعد ذلك امساكها ابادي رباط

وسنتكلم تفصيلا على المخاريز والمثاقيب وبريمات فتح السدادات عند الكلام على الخواص الميكانيكية للبريمة والخار بور في المجلد الثاني في بحث شرح الآلات

(بيان الأعمدة الملتفة)

يتراى لسان بعض جذوع الشجرة التي اذا التف حولها غصن من نبات القسوس التفافا حلزونيا يحدث عنه انضغاط بحيث لا يمكن تجسيم الجذع الا بين ادوار هذا الحلزون ويتشكل بشكل البريمة ذات البرمة المربعة وهذا هو ارنيك الأعمدة الملتفة (شكل ٨) وهي اعمدة غير ساذجية وليس لها متانة الأعمدة العادية وبسبب ذلك لا تعجب الاضعفاء العقول واظرف زينة جديرة بالفنون المستظوفة هي كالكليل الازهار التي تلتف التفافا حلزونيا حول اعمدة منتظمة او حول انواب خفيفة تلبسها العذارى لاجل الزينة في المواسم والرقص ولترجع الى ما كنا يصدره من العمليات المفيدة فنقول

(بيان الامبيق الملتوى)

الامبيق هوالة (شكل ٩) مضاهية من حيث شكلها للبريمة فتح السدادات الا انها مجوفة وغير مصمتة وهي حادثة من حركة دائرية يجوب مركزها خطا بريميا ويمكث مستويا عمودا عليه فاذا تصاعد السائل بالتقطير ومر في الملتوى المنغمس في برميل مملوء بالماء فان البخار يتكاثف ويصل الى اسفل الملتوى ويستحيل الى مائع مبرد ثانيا وبهذا الوجه يتكاثف العرق وغيره من الارواح المتحصلة بالتقطير

وقد يصنع كل من صانع الحصر وصافر البرانيط المتخذة من الخوص اسطوانات (شكل ١٠) من الضفائر الضيقة المسطحة التي اذا اتحد سمكها من جميع جهاتها دلت على وافات ا ب ب و س د ث ونحو ذلك (شكل ١) واذا التفت الرافات على صورة محيط الاسطوانة وخطت بجانب بعضها ضلعا بضع فانه يحدث عنها منع الاحكام سطح اسطوانى ويمكن

باستعمال مثل هذه الطريقة ان تصنع ايضا مستويا ومخروطا وكرة بان نشد قليلا احد طرفي الضفيرة ونضيق قليلا الطرف المقابل له وكلما اضاقت الضفيرة ولزم شد احد اضلاعها وتضييقه قرب السطح المصنوع من الصورة الدقيقة المطلوبة واستكمال صناعة البرانيط الطريقة المتخذة من الخوص بيلا د فلورنسة منحصر في التسوية بين الضفائر في الانساع ومتانة الضفرو قلة عرضها ودقة الخوص وحسن منظر النسيج المنتظم ويستعمل كثيرا صناعات الآلات اليابيات ذات الشكل الحزوني التي سنبين ما ينشأ عنها من القوآئد عند ذكرها ونفقا الاجسام ومن هذا القبيل ياي العربيات

وهناك اشخاص يلف شعرها طبيعة على شكل حلزوني ومنهم من يجعل شعره ضفائر ويلفه على اسطوانة حارقه غير القطر او يطويه على صورة حلزون ويضعه في غلاف من الورق يسمى ملفا ويحصره بين ماشة من الحديد عمدة فتزيل خراستها الرطوبة التي تكون في الشعر وتساعد في ارتخائه وتجعله مسترسلا على صورة خط مستقيم ويحصل له بسبب الضغط انحناء حلزوني يحفظ تبعيد زمنها طويلا على حسب طبيعته وحالة الجو

والغرض من فن تزيين الرأس وتحسينها المسمى عند العامة بالسبسية وكذلك فن التصوير في صورة ما اذا اريد جمع خصلة شعر على هيئة مستحسنة هو ضم الشعر وجعلها على صورة اشكال حلزونية ثم جعلها ضفائر او غدا يرتصدها بعضها بحيث يحدث عنها مجموع يلايم ما هو مطلوب من الزينة ويلايم ايضا هيئة الشخص الذي يتزين بهذه الكيفية ومن هذا القبيل اغلب زينات اليونان والرومان فان الاشكال الحلزونية موجودة عندهم في هذا المعنى على احسن وجه واتم نظام

وهنا نحن شارعون في ذكر نوع من الحلزونات اهم من اغلب ما ذكرنا من الامثلة وهو الخيوط والجبال فتقول

قد يصنع لاجل النسيج والحبال خيوط رفيعة او غليظة من التيل والكتان

ومن ليف بعض الاشجار ونحو ذلك ويستعمل لذلك ايضا الشعر النباتي اى القطن وكذلك الصوف وغيره من شعور الحيوانات ويلزم قبل صناعة الخيوط ان نجعل خيوط اول مادة متوازية بواسطة المشط او الشبقة ونقسمها الى اجزاء رفيعة جدا ومتساوية بقدر الامكان فى الغلظ والطول

*(بيان غزل التيل والكتان) *

يستعمل فى هذا الغزل اولا المغزل وكيفية ذلك انه بمجرد الخيط يلف على المغزل ثم يشبك على السشارة التى فى رأس المغزل بطرف القطة وتبرم الغزالة طرف المغزل باصبعها برمة قوية فتصل قوة البرم الى جزء الخيط الذى لم يلف على المغزل وهو جزء تمده الغزالة بان تجذب بيدها اليسرى الخيوط المتوازية من الركة فتتشكل هذه الخيوط بشكل حلزوني

ولما كان المغزل ابداً جميع آلات الغزل اقاموا مقامه دولاباً بسيطاً (شكل ١١) فيحركه الغزال بيده او رجلاه فيمجرد قتل الخيط يلتف على المغزل الذى هو فى الحقيقة مغزل ميكانيكى ويحصل البرم بنفس الدولاب وليس على الغزال الا جذب الخيوط المتنوعة من الركة ليجعلها منتظمة فى وضع يصلح لان يحدث عنه خيط متحد الغلظ من جميع جهاته وذلك ان الخيط يلف على الدولاب المذكور بواسطة اجنحة (شكل ١٢) ذات كلاليب وتكون هذه الاجنحة ثابتة على محور D M الذى يمر من خلال المغزل او الاسطوانة المتخذة من الخشب مثل W وعليه يلتف الخيط ثم تسير الاسطوانة بحيث تكمل الدور فى اسرع مما تكمله الاجنحة بمعنى انها تستغرق زمناً اقل من الاجنحة ولهذا كان الخيط الذى يلتف على الاسطوانة مجذوباً بالاسطوانة المذكورة ويلتف عليها مع التدرج

ولاجل الوقوف على حقيقة ذلك نرض ان الاسطوانة تحدث خمسة ادوار كاملة وقت أن تحدث الاجنحة اربعة ادوار فاذن يلزم ان الخيط يلتف دوراً كاملاً حين تدور الاسطوانة خمسة ادوار والاجنحة اربعة وهذه الادوار المختلفة

تحدث عن الطائرة الكبيرة لدولاب و ا ب (شكل ١١) فينشذ تكون
نسبة قطري طارقي م د و ح غ لبعضهما كنسبة د : ح
وكل من حبل ا م د ب و ا ح غ ب المشدودين على حلق
الطارقين الصغيرتين والطائرة للكبيبة يقطع مسافة واحدة على حلق ا ب
بخلاف ما اذا دار الحلق فان دولاب م د يدور بخشعة ادوار حين يدور
ح غ اربعة وهذه هي النسبة التي يلزمنا اثباتها وقد خلت قرون عديدة قبل
ان يخترع الناس هذه الآلة التي يوجد فيها ابتدعه المتأخرون ما يفوقها
ويعلو عليها

(بيان غزل الصوف والقطن)

كيفية ذلك ان يصنع اولاب بواسطة الكردات طرحات متسعة متحدة في العرض
والدقة ثم تمتد فيحدث عنها سلب على شكل الاشرطة الضيقة يستحيل
بواسطة برمة خفيفة الى اسحبة ثم تؤخذ هذه الاسحبة وتبرم باليد او بالالة على
التدريج بجانب بعضها بحيث يلتف بعضها على بعض كلما دخلت
في الاسطوانة المسماة شلندرا حتى تكون متساوية في البرم بمعنى ان تبرمها
برما يكون متحد في سائر جهاتها كجور الخيوط المبرومة وذلك ليكون الخيط
متساوي الغلظ من سائر جهاته ويحدث عن كل خيط في هذه البرمة المستمرة
شكل حلزوني يسمى عند ارباب هذه الصناعة بالقانوس يكون محوره نفس
محور الشلندرا الذي يرسمه الخيط في نزوله

واما الدولاب العادي المستعمل لغزل القطن فانه يتركب من طائرة كبيرة
مثل و ا ب (شكل ١٢) ومن قضيب يعرف عندهم بالمردن له
بكرة صغيرة مثل ث د ومن طرفها متواصل مثل ا ب ث د فيتلقى
هذا المردن الخيط كما يتلقاه المغزل ويمتد الخيط المذكور على هيئة السحب
في الجزء الذي لم يصل اليه البرم وتضغط الغزالة هذا السحب على بعد مناسب
من المردن وتدير يدها طائرة ا و ب الكبيرة وهي قابضة بالآخري على
السحب وتمتد له ليعود عن المردن فان حركة الدوران اذا وصلت من الدولاب

الى السحب بمرمه فيحدث عنه خيط تكون مباديه منحنية على صورة شكل
حلزوني ويتوقف برم هذه الحلزونات على حالتين احدها سرعة طارة اوب
السابقة والثانية البطي الذي يمتد به سلب الكاودة و متى صار جزء من السحب
خيطا غلظه وبرم مناسبان فان الغزاة تعكس دوران الدولاب قليلا ليقل
الحزون المصنوع من الخيط على طرف المردن ثم تضع الخيط المذكور في اتجاه
عمودي على محور المغزل وتدبر الدولاب على عكس الحركة الاولى فيلتف
حينئذ الخيط على المغزل عوضا عن ان يبرم ويتكون عليه عدة حلزونات
فيتراى حينئذ ان العملية بالطريقة الميكانيكية هي عين العمليات التي تجري
على مغزل الغزاة البسيط

وقد اقيم مقام برم المغزل عملية ميكانيكية وهي ابداع ما ظهر من الآلات
الجديدة الصالحة للمغزل وكيفيتها ان توضع الطرحات الحقيقية بعد خروجها
من الكاردات بين زوجين من الشندرات المتوازية المرتبة على وجه بحيث
يدور الزوج الاول منها اقل من الزوج الثاني والثالث اقل من الثالث
وهكذا فاذا نمتد الطرحات بين الأزواج الثلاثة من الشندرات ثم تقبض
وتكمش وحسين تترجملة من الشندرات مركبة كالاولى من ثلاثة أزواج
شندرية يبرم ثانيا السلب المتخذ من القطن والصوف ثم يلتف على المغزل

فاذا تم ذلك نضع جملة من المغازل على محاور قائمة منتظمة الترتيب على
دولاب يقوم بجميع وظائف الغزاة لما انه يسحب الخيط ويبرمه ويلفه على
المغزل ويتحصل السحب المذكور هنا من ثلاثة أزواج من الشندرات مختلفة
السرعة فن ثم يلتف الخيط على مغزل ذي جناح كالدولاب العادي وهذا
ما يسمى بالدولاب المتواصل لان المغزل يتحصل عليه بحركة واحدة
مستمرة

واما الدولاب المسمى ميل يونيه الذي على هيئة النول الذي تقدم ذكره
في الدرس الثاني فان السحب فيه ليس مقصورا على مجرد سرعة الجليخ بل يكون
ايضا على حسب تقريب المغازل التي يلتف عليها الخيط وابعادها على

التعاقب من الشلندرات فاذا تابعت المغازل عنم اكانت الخيوط مسحوبة
بمخلاف ما اذا قربت فانها تلتف عليها ويحصل برمهاتى بلغت المغازل نهاية
سيرها

ولدولاب الغزل الغليظ من المغازل ١٠٨ بمخلاف دولاب الغزل الرفيع
فان له ٢١٦ مغز لا يدبرها علم الدولاب ويكون جمعيته مساعدا ان من
الوصالين لاجل ملاحظتها

فعلى هذا يكتفى ثلاثة اشخاص لعمل عدة خيوط كانت قبل ذلك تستدعى
٢١٦ غزالة تغزل بالمغزل او الدولاب ويتحصل كل خيط فى اقل مما كان
يستغرقه البرم باصابع الغزالة فهذه هي القائدة العظيمة الناشئة عن عمليات
الهندسة فى صناعة جملة خيوط اسطوانية متحدة القطر اتحادا تاما من
الالياف النباتية التى على شكل الحزون

ويعلم التلامذة هذه العمليات اما باطلاعهم على الدواليب العادية او على
دواليب الغزل التى على هيئة الانوال اذا امكن ذلك

ثم ان الحرير عند تولده من الدودة يكون مشيا بصورة حلزون على سطح دوران
يسمى بجوز القز واول عملية فيه يكون الغرض منها امتداد خيوط جوز القز
المذكور وطيه على مكبة ثم يبرم بسيرا عند طيه على المكبة الثانية فاذا تم عمل
الخيوط بهذه الطريقة فانها تبرم من جهتها الاولى بحيث ان جميع النقط التى
كانت قبل البرم على هيئة خط مستقيم فوق سطحها الاسطوانى تصير على
صورة شكل حلزونى ثم تجمع هذه الخيوط مشى وثلاث ورباع مع برمها ثانيا
على عكس البرمة الاولى وبهذه البرمة الثانية ينحل جزء من الاولى وتنشئ
الخيوط على صورة شكل حلزونى بجوار بعضها ويسمى الحرير فى هذه الحالة
باسم الحرير المبروم

ثم ان العملية التى ذكرناها انما تشبه العملية التى ينبغي اجراؤها فى صناعة
الحبال المتخذة من التيل

فبواسطة برمين مختلفين تشتد اجزاء كل خيط فى جهة حتى ان الخيوط المنثنية

على شكل حلزوني تشتد في جهة مخالفة للاولى وينتج عن التعادل الحاصل بين البرمين المذكورين ان الحيوط بانواعها لا تنحل كثيرا عند الضغط عليها بقوة اخرى عارضة ولا يمكن أن تبسط الكلام هنا في هذا الشأن لتعلقه بالعلوم الميكانيكية وخروجه عن الاصول الهندسية

ويصنع من التيل حبال رقيقة يقال لها فلاصة يبرم كل منها على حدة في جهة واحدة ثم تبرم عدة منها معا في الجهة المقابلة للاولى ليتكون منها حبال بسيطة تسمى بتوناو بعد ذلك يبرم منها اثنان او ثلاثة او اربعة في الجهة المقابلة للثانية اعني في نفس الجهة يرم الحبال الاول الرقيقة ليتكون منها ما يسمى بالكردونة ثم تبرم هذه الكردونات في الجهة الثانية ثلاث او رباع ليصنع منها ما يسمى بالغومنة ثم تبرم هذه الغومينات ثلاث او رباع ايضا ليصنع منها ما يسمى بالغومينات الكبيرة

وتبرم قلوب الغلايين وتصنع من الغومينات وكذلك الرواجع وحبال المنورات الجارية في السفن فانها تصنع من حبال الكردونة

وقد ابتدع الانكليز طرقا دقيقة لطيفة في اجراء عملية قتل الخيط والحبال بواسطة الآب ودواليب وقد نتج عن الانتظام الهندسي الحاصل في حركات هذه الآلات ثمرات عظيمة فان هذه العملية المستكملة يكفي فيها التحصيل القوة الاولى ثلث المواد التي كانت قلزم لغيرها من العمليات السابقة بل واقل من الثلث وهذا على حسب غلظ الحبال ونوعها وما ذكرناه كاف في بيان ما ترتب على تبديل العمليات التي كانت بمحض اليد وكانت ثمرتها مما تحصل بالصدفة والاتفاق بطرق علمية من الفوائد المحققة الجسيمة والثمرات العظيمة

وعلى ارباب معامل الحبال ان يذلوا جهدهم في مطالعة كتب علمية تتعلق بهذه الطرق الجديدة التي من فوائدها تقليل المصاريف والعمل وحصول ثمرات اتم وانجح مما كان سابقا من سائر الوجوه (راجع الجلد الثاني عند ذكر الآلات

وهذا وان الكلام على انواع السطوخ المعوجة المستعملة كثيرا في العمارات

المدنية والبحرية وكذلك في تركيب الآلات ولا تتعرض من ذلك إلا لبيان
السطوح الخلزونية المتولدة من حركة خط مستقيم أو قوس أي دائرة
كانت

(بيان السطوح الخلزونية المستعملة في السلام)

من السطوح المختلفة المعوجة التي سبق أيضا بحثها في الدرس العاشر
السطوح التي تكون على صورتها السلام المنعطفة الدائرة وهي السطوح
الخلزونية

فقد يكون السطح الخلزوني من السلم الذي دورته مستديرة متكونا من حركة خط
مستقيم أفقي مستندا أحد طرفيه على محور الدائرة المستعمل حنية للسلم
والطرف الآخر منه مستند على حلزون مرسوم على حسب المحيط الداخلي
من الدائرة

فإذا كان ارتفاع درج السلم واحدا كان عرضها بالضرورة واحدا متساويا
البعد من المركز فعلى ذلك إذا كان أ ب ث (شكل ١٤) هو الدائرة
الدالة على قاعدة الاسطوانة التي هي حنية السلم فإن كل دائرة مرسومة من
مركز واحد كالاولى تقسم إلى أجزاء متساوية بالمسقط الأفقي لدرج السلام

(بيان السطح الخلزوني لبريمة المهندس ارشميدس)

سطح السلم الخلزوني الذي على هيئة دورة مستديرة هو عين بريمة ارشميدس
وانما سميت بذلك لان هذا المهندس الماهر هو الذي اخترعها وسنبين مع
مزيد الاعتناء العملية التي اجريت في شأن هذه البريمة لرفع المياه عند ذكر آلات
رفع المياه (راجع الجلد الثالث)

وقد انتهزت الفرصة في صناعة بريمات ارشميدس من الخشب وهما هي
الطرق التي استعملتها في ذلك

وحاصلها اني قسمت اولا محيط أ ب ث (شكل ١٩٠) إلى عدة اجزاء
متساوية بقدر قطع الخشب التي اردت استعمالها في صناعة دور كامل من
الشكل الخلزوني

ثم قطعت مناشير مربعه فاعدتها و د ث وهي قطاع الدائرة على احد
الاجزاء المتساوية المصنوعة بالطريقة السابقة على الوجه الاسطوانى الذى
مسقطه الافقى د ث ومددت خطا مستقيما مائلا فى اتجاه الخط البرمى
الذى برسمه القطع الحزوى على اسطوانة ا ب ث د
وقسمت نصف القطر اللذين هما و د و و ث الى اجزاء متساوية
وهى د د و د د الخ و ث ث و ث ث الخ ثم نشرت بمنشار ثابت
دائما على بعد واحد من نقطتي ث و د قطعة الخشب المربعة بحيث
ان خط المنشار ينتهى الى نقطة د على القاعدة العليا من القطعة المذكورة
مضى انتهى ذلك الخط الى نقطة ث على القاعدة السفلى وان الخط المذكور
ينتهى ايضا الى د و د على القاعدة العليا متى انتهى هذا الخط الى
نقطة ث و ث على القاعدة السفلى فيكون كل من خطي المنشار ضلعا
للمضلع الذى هو محيط المنحنى الحزوى المرسوم على السطح الحزوى المطلوب
تحصيله

وازلت على التوالى الاخشاب الزائدة بفارة رقيقة جدا سلاحيها مستدير
وثابتة دائما على وضع افقى ولا تقف الاعلى من المنشار المذكور فى ث د
وعلى الخط القائم فى نقطة و لتصل الى السطح الحزوى الاعلى من برصة
المهندس ارشيدرس

وبعد ذلك وضعت فى جميع الجهات اوجه الالتحام على وجه عمودى
فى و د و و ث مع الوجه الاعلى ثم مددت على اوجه الالتحام
وعلى محيط ث د خطوطا مستقيمة متساوية من اسفل الخطوط التى تحدد
الوجه الاعلى من البرصة الى اعلاها وبذلك امكننى عمل الوجه الاسفل
بواسطة الطرق التى استعملتها فى عمل الوجه الاعلى .

ولئذيه هنا على ان المسطرة المثنية بلا قوة على محيط ا ب ث الاسطوانى
بحيث تمر بنقطتي ث و د ترسم بواسطة محيطها قوسا كاملا من الخط

الخلزوني او من البريمي وذلك هو الواسطة في ضبط الطريقة التقريرية التي سبق ذكرها لضبطات اياما ولا بد في ذلك من ان ينشر بالمنشار كثيرا من الخطوط الافقية التي تنتهي من جهة عند محور $و$ ومن اخرى عند الخط البريمي المرسوم بالمسطرة المثنية

وينبغي لنا التنبيه على ان الالتحامات المصنوعة على وجه عمودي مع السطح الخلزوني هي في حد ذاتها مبادئ السطح الخلزوني وعلى ان الاسطوح الاخيرة ترسم على الاسطوانات ذات القاعدة المستديرة خطوطا بريمية تقطع الخطوط البريمية التي رسمتها الاسطوح الاولى الى زاوية واحدة

واذا اريد ان اعلى القطع التي يتركب منها القلبة الخلزونية يكون له شكل كشكل السلم لزم ان يبقى الوجه الاعلا وهو $و ش د$ على شكله المستوي الافقي والوجه المستقيم الخارجى وهو $و ك$ على شكله المستوي القائم وهذا اذا اقتصرنا على عمل سطوح الالتحام و سطح السلم الداخلى بالطرق التي ذكرناها (راجع الدرس العاشر)

وفي الغالب عوضا عن ان نصنع سلما من مضافا ثرا درجاته تصل الى حنية $و$ المصنعة (شكل ١٤) نحدد درجاته في دائرة $ا ب ش$ (شكل ١٥) التي تدل في صورة ما اذا كانت افقية على حدود من الخشب او الحجر بارزة من اعلا واسفل كل درجة وهي السلام المتخذة من البريمات المنيرة

ويستحسن من هذا النوع عدة سلام مصنوعة مع غاية الضبط في القهاوى الطريقة الموجودة بمدينة باريس وتلك السلام التي لا مسند لها في الظاهر تدهش عقل الناظر بما هي عليه من الثبات والخفة

وهناك سلام منيرة كما في شكل ١٦ ليست مستديرة الحنيات واياها كانت قاعدة $ا ب ش د$ (سيأتى ما يفيد ان هذا الحرف الموضوع

تحت الدال يدل على ان هذه القاعدة افقية) من الاسطوانة التي هي حنية السلام ترسم دائمتا على محيط هذه الحنية خطا بريميا و خلزونيا يتقدم جهة

محيط أ ب ث د تقديما يناسب الكمية التي يرتفع بها ذلك الخط
 على وجه قائم ثم نمد من ك نقطة من هذا المنحنى خطوطا افقية كخط
أ ب ر و ث د الخ وعمودية على الاسطوانة التي قاعدتها
أ ب ث د ثم نجعل أ أ مساويا ب ب ومساويا ث ث
 وهلم جرا ونرسم أ ب ث د الذي هو خط حلزوني ايضا وهو المحيط
 الداخلي للبريمة المنيرة الحادثة عن السلم ولا تزيد الصعوبة في صناعة كل جزء
 من السطح الحلزوني او السلم ثماني (شكل ١٤ و ١٥)
 واذا اريد ان نجعل للسلم صلابة متينة فانه في الغالب عوضا عن ان نرسم السطح
 الاسفل بواسطة خط مستقيم افقي مستند على محور حنية السلم وعلى شكل
 حلزوني مرسوم على طول الجنية رمتي ك عليهما معا فنحدد هذا السطح
 في الغالب بقوس دائرة كما في شكل ١٧ قطرها الخط الافقي المذكور
 الموضوع في مستوق قائم فيحدث عن هذه الكيفية سطح حلزوني ثابت
 القطع من جميع جهاته

وفي بعض الفنون يلزم ان تفصل سطوحا حلزونية الشكل بدرجة على مخروط
 فالساعاتية يضيفون الى الاسطوانة او الملف الذي يحتوى على زنبلك
 الساعات مخروطا مفصلا بهذا الوجه على شكل سلم حلزوني كما في شكل ١٨
 ويلفون سلسلة رفيعة مصنوعة صناعة جيدة من احد طرفيها على
 الاسطوانة بحيث تكون على خط بري من الطرف الاخر على السلم المخروطي
 فتعادل النسبة المختلفة التي بين قطر الاسطوانة وقطر المخروط في ارتفاعات
 مختلفة نقصان قوة الزنبلك عند حله وبنداء على ذلك ينتقل تأثيره بقوة لا تتغير
 وسيأتى لذلك مزيد توضيح عند الكلام على قواعد الآلات راجع الجلد الثاني
 من هذا الكتاب

*** (في بيان تقاطع السطوح) ***

اذا تقاطع سطحان فان جملة التعاماتهما المشتركة بينهما تسمى تقاطع السطحين وهو اما خط مستقيم او منحني على حسب شكل السطحين او وضعهما ثم ان الاجسام التي تعينها اجزاء السطوح المتناسبة في شكلها واتجاهها تحدث في حدود هذه السطوح خطوطا بارزة او داخلة وهي تقاطع السطوح المذكورة فلذا كانت الاضلاع القائمة من المنشور والهرم التي تفصل الواجه المختلفة فيهما هي تقاطع السطوح الحادثة من الواجهة المذكورة

واما اذا قطع جسم جسم آخر او كان مغروسا فيه فان جزء سطح الجسم الاول يكون داخلا في الثاني ويكون ذلك الجزء الداخلى منفصلا عن الجزء البارز بخط وهذا الخط ليس الا تقاطع سطح الجسم الاول والثاني

مثلا (شكل ١) قد يكون المنشوري ا ب ج د ا ر ش د و م ن ح خ و م د ح غ اللذين يقطع احدهما الآخر خط تقاطع وهو محيط م د ح غ الذي يفصل الجزء البارز من الجزء الداخلى في الجسم الثاني

وفي الهندسة الوصفية من القواعد السهلة ما يكفي في تعيين المسقط الافقي والمسقط القائم من تقاطع السطوح فينبغي للانسان ان يعتنى بمطالعة تلك القواعد حتى يكون له قدرة على رسم تقاطع جملة من السطوح ولنتقصر في هذا الغرض على ايضاح زبد هذا العلم مبتدئين بذكر تقاطع المستويات فنقول

انه لاجل بيان تقاطع سطحي المسقط اللذين احدهما قائم والاخر افقي تقسم الورقة الى قسمين بخط ا ب الافقي (شكل ٢) فالقسم للذي يكون في اعلاه هذا الخط يدل على المستوى القائم من المسقط والقسم الاسفل يدل على المستوى الافقي منه وهذا المستوى الاخير يكون في العادة مستوى الارض ومن ثم يسمى العامة تقاطع السطحين الذي هو ا ب بخط الارض

ولكي يصير الرسم تاما ينبغي ان تثني الورقة ثنيا عموديا فيكون خط أ ب
عبارة عن اتجاه الانثناء ويصير الجزء الاسفل من الورقة اقليبا والجزء الاعلا قائما
ولا اقل من ان يلاحظ الانسان ذلك. هنا ويدركه بدهة حين يرسم على
المستويين المذكورين اجساما معلومة الوضع فن ترى تحت خط الارض
مستوى العمارة وفوقه ارتفاعها مع ابوابها وشبابيكها وهلم جرا ومع كون
الورقة المذكورة التي يرسم عليها المستوى والارتفاع المذكور موضوعة على
طاولة افقية نفرض ان العمارة مرتفعة وانها قائمة وكذلك في صورة العكس
وهي ان يكون رسم العمارة قائما بان يسمر على حائط فان المستوى يكون اقل
ايضا اذا كانت الاشياء المرسومة عليه روضة صغيرة او بستانا او ينحدر ذلك
وينبغي ان يعاين التلامذة حقيقة المسقط الافقي والقائم للعجوم والسطوح
والخطوط البسيطة المرسومة فوق خط الارض او تحته ليرسموا ذلك على
مقتضى ما عاينوه

ولاجل تعيين موضع اى نقطة توجد خارج مستوى المسقط ثمث من تلك
النقطة خطين مستقيمين احدهما عمود على المستوى القائم والاخر عمود على
المستوى الافقي ثم تعين وضع موقع هذين العمودين على مستويي المسقط
واذا اردنا اختصار طريقة الرسم وسهولة ادراكها وفرضنا ان نقطة ح
هي النقطة الموضوعة في الفراغ المراد رسمها فاننا نكنى بنقطة ح (شكل ٢)
عن مسقطها القائم ونقطة ح عن مسقطها الافقي واعلم ان هذين الحرفين
وهما و ف الموضوعين في اسفل حرف واحد او عدة حروف يدل
احدهما وهو القاف على المسقط القائم والاخر وهو الفاء على المسقط
الافقي للنقط والخطوط والسطوح والعجوم المرموز اليها عند الرسم بهذين
الحرفين

وليجز من نقطة ح (شكل ٢ و ٢ مكرر) الموضوعة في الفراغ بمستوى

عمودي على خط الارض الذي هو \overline{AB} فيصير بذلك عموديا على مستوي المسقط فيكون حينئذ مشتركا على العمودين النازلين من نقطة \overline{C} احدهما على مستوى المسقط القائم والاخر على مستوى المسقط الافقي فاذا راعنا مستطيلا كافي (شكل ١ مكرر) وكانت اضلاعه هذين العمودين وهما \overline{CH} و \overline{CH} اللذان هما تقاطع المستوي المحتوي عليهما مع

المستوي القائم والمستوي الافقي تحصل معنا $\overline{CH} = \overline{CH}$ و \overline{MH} $\overline{CH} = \overline{CH}$ وبالجمله فاذا ادركنا مستوى المسقط الافقي لينطبق على الورقة

المشتملة على المستوي القائم فانه في هذه الحركة لا يزال \overline{MH} و \overline{MH} عمودين على خط تقاطع مستوي المسقط وهو \overline{AM} وحينئذ لاجل ان يكون كل من نقطتي \overline{C} و \overline{C} (شكل ٢) مسقطا قائما ومستطلا

افقية النقطة واحدة على التناظر ينبغي ان يكون مستقيم \overline{CH} و \overline{CH}

عمودا على خط الارض المتقدم وهو \overline{AB} ثم ان جزء \overline{MH} من هذا العمود هو البعد بين نقطة \overline{C} والمستوي الافقي وجزء \overline{MH} هو البعد بين نقطة \overline{C} والمستوي القائم

(بيان مسقطي الخط المستقيم)

اذا حدث عن تسلسل عدة نقط خط مستقيم مثل \overline{CH} فان سائر الاعمدة النازلة من النقطة المذكورة على كل من مستويي المسقط يحدث عنها مستو ثالث يقطع كلا من المستويين المذكورين في خط مستقيم فاذا كان هناك مستطان مثل \overline{CH} و \overline{CH} (شكل ٣) لنهايتي مستقيم

\overline{CH} فبما اتصال نقطتي \overline{CH} و \overline{CH} بخط مستقيم يحصل

معنا مسقطا الخط المستقيم الذي هو \overline{CH} وهما حادثان عن تقاطع

المستويات

ولاجل رسم مستو ما بطريفة المساقط ينبغي سلوك طريقة اخرى
وحاصلها ان المستوى المطلوب رسمه يقطع كلامن مستوي المسقط على حدته
في خط مستقيم ويقطعهما معا في نقطة م (شكل ٤) الموضوع على
خط الارض ويطلق اسم اثرى مستوي ح م ح على تقاطعيه وهما
ح م و م ح بمستوي المسقط

ويكون وضع المستوى محددات تحديد تاما بوضع خطين مستقيمين يحتوي
عليهما فاذن يكون اثر المستويين كافيين في معرفة وضعه

ولنفرض الآن ان المطلوب تحصيل المسقط القائم المشار اليه بحرف ح

(شكل ٤) لنقطة ما كنقطة ح الموضوع على مستوي ح م ح
متى عرفنا المسقط الافقي وهو ح لهذه النقطة فيكون اولا مسقطا ح

و ح لنقطة ح موضوعين ضرورة على خط عمودي على خط الارض

فاذا مددناه ورسمنا من نقطة ح على مستوي ح م ح خطا افقيا
كان موازيا لاثر ح م الافقي فحينئذ يكون مسقطه وهو ح م موازيا

لمسقط ح م الا ان نقطة م الموضوع على خط الارض وهو ا م ب

لا تتسبب الا لنقطة م الموضوع على مستوي المسقط القائم فاذن يكون

خط م م العمودي على ا ب محتويا على نقطة م التي مسقطها

الافقي م وهذه النقطة موضوعة على اثر م ح فاذن تكون في نقطة

م فاذا مددنا خط م ح موازيا لخط ا م ب فانه يبين على المستوى

القائم مسقط م ح وحينئذ يكون المسقط القائم من نقطة ح موجودا

في آن واحد على م ح وعلى ح ح فاذن يكون في نقطة ح التي

هي تقاطع الخطين المستقيمين المذكورين وبناء على ذلك تكون نقطة $ح$

هي المسقط القائم من نقطة مسقطها الافقي $ج$

فانه افرضنا ان اثار $م م ح$ و $م م خ$ و $ض ر و$ و $ض ط$ للمستويين

(شكل ٥) معلومة وكان المطلوب معرفة تقاطع المستويين المذكورين

نقول اولاً حيث ان نقطة $د$ مشتركة بين الاثرين القائمين فانها تنسب

للتقاطع المذكور وحيث انها موضوعة على المستوى القائم فانها تسقط

في نقطة $د$ على خط الارض الذي هو $ا ب ج$ وثانياً حيث ان نقطة $هـ$

مشتركة بين الاثرين الاقبيين فانها تنسب لتقاطع المستويين المذكورين

وحيث انها موضوعة على المستوى الافقي فان مسقطها القائم وهو $هـ$

يكون موضوعاً على خط الارض المذكور فتحصل حينئذ نقطتان للخط

المستقيم الذي يتقاطع فيه المستويان المذكوران وهما اولاً نقطة

$د$ وثانياً نقطة $هـ$ وبناء على ذلك يكون مسقطا الخط

المستقيم الذي ينسب اليه النقطتان المذكورتان هما مستقيماً $د هـ$

و هذا هو خط التقاطع المطلوب .

(بيان مسقطي كثير الاضلاع)

يكون مسقطا كثير اضلاع $ا ب ث د هـ$ (شكل ٦) المحدود

بخطوط مستقيمة مضاعين عدداً اضلاعها واحداً وهما $ا ب$ و $ب ث$ و $ث د$ و $د هـ$

$ا ب$ و $ب ث$ و $ث د$ و $د هـ$ اللذان رأساهما المتقابلان موضوعان على خطوط $ا$

و $ب$ الخ القائمة

وحيث ان تقاطع المستويين يكون دائماً خطاً مستقيماً مسقطاً مستقيماً

ايضاً ينتج ان الجسم المحدود باوجهه مستوية يكون كذلك محدداً باضلاع

العمارة التي ليست مركبة من عدة خطوط منحنية
مثلا يرسم النجار مع الدقة سايرا جزاء الخشب الارضية والسقف المستوي
فيحصل عنده بواسطة القصول والقطوع اشكال وابعاد كل قطعة من
الخشب مثل الكتلة والبرطوم والمربوعة ونحو ذلك وتكون هذه القطع محددة
بأوجه مستوية وباضلاع مستقيمة ويرسم مساقط الاضلاع المذكورة
فتتلاقح القطع المختلفة المذكورة ببعضها وتكون الخطوط الدالة على وضع
التلاصق هي تقاطع الواجه المستوية من قطع الخشب المتكئة ثم يحدد
التقاطعات المذكورة بواسطة الطرق السهلة التي ذكرناها آنفا وحيث ان اوجه
قطع الخشبية كلها ليست قائمة الزوايا الزمة ان يقيس الزوايا المتألفة من الواجه
المختلفة من قطعة واحدة والواجه المتباينة من عدة قطع متلاصقة ويبحث
عن انحاء كل وجه من هذه القطع وطوله وعرضه

فإذا سلك النجار الماهر على هذا المنوال من غير ان يتردد فيه فإنه يصل
بواسطة المساقط والقطوع الى تحديد جميع الاجزاء المستقيمة من خشبية
اي عمارة كانت

ومن هنا يعلم ان النجار الماهر الذي يرسم مع الفطنة والدقة كل قطعة من قطع
الخشبيات ويرسم مجموعها دائرة واسعة في المعارف الهندسية وليس بلام
ان يسمى الخطوط والسطوح والمجسمات بالاسماء المصطلح عليها عند
المهندسين المقررة في كتبهم بل يكفي ان تكون القواعد العلمية على حالة واحدة
بدون اعتبار الاصطلاحات الطارئة في شأنها فان العلم اذا تعاطاه الناس
باللغة الدارجة ينهم لا تقل بذلك منفعتة ولا ينقص قدره

ويمكن ان نطبق المحوطات التي ذكرناها في شأنه معارف النجار على معارف
فحات الاجراف فنقول انه يلزم لفحات الاجراف ان يجهز الاجراف الاصلية التي تتركب
منها العمارة المراد انشاؤها مع الضبط على اي شكل كان بحيث يتفصل عن تلك
الاجراف اذا وضعت متلاصقة وبعضها فوق بعض مع الانتظام التام وانتانة
والصلابة الاشكال التي عينها المعمرجو بمستوياتها وارتفاعاتها وعند انتهاء

المساقط الاقمية والقائمة يقسم الجدران بعدة مستويات قاطعة فيكون حينئذ شكل ايجار الدستور محددًا اولًا بالوجه الخارجية والداخلية للجدران وثانيًا بالمستويات القاطعة التي يطلق عليها اسم مستويات الالتحام لانه بحسب هذه المستويات تلحم الاجار المذكورة ببعضها

ويسمى رسم ايجار الدستور المعدة للاسوار المنتصبة العادية حيث انها على هيئة اشكال متوازية السطوح اوجها المتلاصقة عمودية واضلاعها المتقابلة متوازية لكن اذا كان في الجدران ميل وحدث عنوازايا غير قائمة لزم ان يكون فحت الاجار على صورة اشكال ادق واصعب من الاولى وان تحدد الزوايا التي تحدث عن الاوجه المائلة مع الواجهة الاقمية وكذلك زوايا الاضلاع التي على استقامة السور تحدد مع الاضلاع التي على اتجاء السور الملاصق له وهكذا ويلزم في الغالب ان اعلا الابواب والشبابيك وان كان مستويا يكون مصنوعا من عدة اجار متلاصقة اعلاها اعرض من اسفلها لتلايفضي بها ثقلها الى السقوط ويلزم ايضا بعد ذلك تحديد زوايا اضلاع الاجار ووجهها وابعادها وغير ذلك وتحمل هذه المسائل بطرق تقاطع السطوح



ويلزم ان تعلم التلامذة المحدثين لبناء العمارات وهندسة الابنية ورسمها قطع ارانيك القيب والابواب والشبابيك والسلام وغير ذلك من الجهر على ابعاد مناسبة بان يجعلوا لكل حجر من الاشكال ما يلائمه ويحددوا التحام كل حجر واضلاعه على وجه هندسي وهذا هو غاية ما يمكن ان نوصي به من يمارس هذه العملية ومن المرغوب انه عند تعليمها تنظم الخطوط المراد قطعها على حسب تنظيم السطوح المستوية والاسطوانية والمخروطية والمنتشرة والمعوجة والدورانية وغير ذلك من السطوح التي استحسن وضعها في هذا الكتاب ويلزم ايضا تعليمهم كيفية قطع ارانيك النجارة النقية وغيرها كتعليمهم ارانيك قطع الاجار وبهذه الطريقة يصير التعليم كثيرا الافادة واميرع من غيره.

(بيان تقاطع الخطوط المستقيمة والمستويات)

(مع السطوح المنحنية)

سيأتي الكلام على هذه السطوح في مجتها وانما تكلم هنا بالترتيب على تقاطع الخط المستقيم والمستوى مع السطوح الاسطوانية والمخروطية والمنتشرة والمعوجة وسطوح الدوران وغير ذلك فنقول .

* (بيان كيفية رسم مسقطي الاسطوانة) *

لاجل تحصيل هذين المسقطين يرسم على احد مستويي المسقط كالمستوى الافقي مثل اثر الاسطوانة المذكورة اي تقاطعها مع المستوى المذكور ولا يخفى انه اذا كانت جميع اضلاع الاسطوانة متوازية تكون مساقطها بالضرورة متوازية فبمجرد تحديد اتجاه  و  .

اي ضلع كان (شكل ٩) ينتج لنا الاتجاه مساقط الاضلاع الاخر ويكتفى عادة في رسم المسقط الافقي والمسقط القائم ببيان الاضلاع المنطوقة وهي



* (بيان تقاطع الاسطوانة مع المستوى) *

اذا علم اثر المستوى ومسقطا الخط المستقيم علمت كيفية تحديد تقاطع الخط المستقيم المستوى واذا اجريت العملية في شأن الاضلاع المختلفة من الاسطوانة حدث عن كل ضلع نقطة التقاطع التي تسقط على وجه افقي ومنتصب ويتألف عن مجموع هذه النقاط خط ممحّن افقي وخط ممحّن قائم وهما مسقطا خط التقاطع المطلوب .

واما عمليات الفنون فالغالب فيها ان يرسم التقاطع على نفس السطوح بوضعها في مقابلة بعضها ولنفرض ان تكون الاسطوانة (شكل ١٠) انبوبة وجاقي شكلها اسطواناني وان يكون المستوى لوحا من صفائح الحديد تقطعه الانبوبة فتضع تلك الانبوبة في نفس الاتجاه الذي يلزم لها ولكن تؤخرها على قدر الكفاية حتى لا تمس المستوى الذي تقطعه وبعد ذلك نأخذ مسطرة ونجعلها مقابلة للاسطوانة على حسب اتجاه اضلاع هذا السطح ثم نقدّمها ونؤخرها حتى يمس احد طرفيها اللوح الصفيح وبالجمله قسّم لكل

من اوضاع هذه المسطرة اتصاله بال لوح المذكور فيكون مجموع النقط المعينة على هذا الوجه هو منحنى تقاطع السطحين اى الانبوبة ولوح الصفيح ولنفرض انه يؤخذ على المسطرة طول ثابت مناسب ابتداءً من الطرف الذى يمس دائماً لوح الصفيح ونعين نقطة اخرى على الاسطوانة او الانبوبة مقابلة للطرف المذكور فيحدث عن تسلسل النقط الجديدة المرسومة بهذه الكيفية خط منحنى وهو خط تقاطع الاسطوانة مع المستوى ولننتقل مع التوازي لوح الصفيح او الاسطوانة فينتطبق بمقتضى تساوى المتوازيات الموجودة بين خطين متوازيين المنحنيان المرسومان احدهما على المستوى والاخر على الاسطوانة على بعضهما انطباقاً كاملاً ويمتزجان معا وبعد رسم هذين المنحنيين تقطع بحسب محيطيهما الاسطوانة والمستوى او هما معا على حسب الغرض المقصود من هذه السطوح

وهذه الكيفية ارجح من غيرها لضبطها وصحتها مهما كان شكل الاسطوانة ولو كان لوح الصفيح على شكل منحنى عوضاً عن ان يكون على شكل مستو

(بيان اجراء العملية فى انشاء السفن)

يستعمل النجارون هذه الكيفية فى رسم منحنى تقاطع سطح مقدم السفينة و سطح طبقاتها مع سطح الصواري وفى ثقب بكرات الصاري

(بيان اجراء عملية تقاطع الاسطوانات مع الظلال)

اذا قطع السطح المحدد باضلاع متينة اشعة ضوء الشمس ومد من كل نقطة من محيط هذا السطح خط مواز لاشعة الشمسية حدثت عن جميع المتوازيات اسطوانة تفصل خلف السطح المذكور الجزء المظلل من الجزء المضيء فاذا كان خلف الاسطوانة جسم حال بتمامه فى هذا الظل فان الشمس تكون مخفية بالكلية ومحجوبة بالسطح الذى يحصل عنه الظل بخلاف ما اذا كان جزء فقط من هذا الجسم فى الظل واريد تحديد تقاطع سطح الجسم مع الاسطوانة فان المنحنى المحدد بهذا الوجه يفصل على الجسم الجزء المظلل من الجزء المضيء وبذلك

يتحصل معنا خط انفصال الظل والضوء على الجسم المظلم بواسطة منحنى تقاطع سطح هذا الجسم مع الاسطوانة التي تعين في الفراغ حشد الاشعة الشمسية المحجوبة بالسطح المظلم

ولناخذ مسطرة ونجعلها موازية دأشمال الاشعة الشمسية ثم نضعها من احدى جهتيها على السطح الذي يحصل عنه الظل ومن الاخرى على الجسم المضيء جزؤه فيرسم كل وضع من المسطرة نقطة على الجسم المتقدم ويصير اجتماع النقط المرسومة على هذا الوجه هو خط انفصال بين الظل والضوء

ولا بد ان يكون للرسمين والمصورين والنحاتين الملمام تام بالاسطوانات التي يخرج منها ظلال الاجسام ومما لا بد منه ايضا ان يعينوا بواسطة طرق مساقط السطوح وتقاطعاتها صورة ظلال عدة اجسام مختلفة الوضع والصورة على اجسام اخر متنوعة الصور والاقوضاع فذلك يكتسبون عملية مضبوطة صحيحة في شأن تأثير ضوء الشمس الخاص بشكل الظلال ومعرفتهم لهذه العملية تمنعهم غالبا من الوقوع في الخطا الفاحش الذي يمكنهم اجتنابه اذا كان لهم ادنى الملمام بالهندسة التي لها دخل في فنونهم

ويلزم ضبط الظلال لاسيما في رسم البناء الذي يكون فيه لسائر الاجسام المرسومة كالاسوار والاعمدة والقبب والقبوات اشكال هندسية دقيقة فيلزم اذن للمعمرجي الذي يريد رسم ظل مستوياته ليعرف تأثير الظل والضوء اللذين يحدثان عن مبيانيه أن يتعود على تحديد سائر الظلال مع الدقة التامة

ونفرض في رسم العمارات ورسم الآلات ان الاشعة الشمسية تكون مائلة بمقدار ٤٥ عند نزولها من اليسار الى اليمين ومتى رسمت الاجسام بالخط دون البوية عينيا بشرطات غليظة المحيطات المتصلة بالاجزاء الموضوعة في الظل وعينا ايضا بشرطات رفيعة المحيطات الفاصلة بين الاجزاء المضيئة وهذه الاشارة تكفي في التمييز بين هذه الاشكال المهدبة والمجوفة ولولاها لالتبست ببعضها عند رؤية رسمها بالخط

فلما كان مجرد اختبار الاضلاع المظلة والاضلاع المضببة (شكل ١١)
يدرك ان في ا ب ث د بروازا محمداً با وفي ا ر ث د بروازا مجوفاً
ومما لا بد منه للتلاميذة الذين يرسمون العمارات والآلات ان يتعودوا مع
النشاط علي تبين الخطوط الرفيعة والخطوط الغليظة لانه عند امتزاجها
ببعضها تلبس الاشكال المحدبة بالاشكال المجوفة وبالعكس

(بيان اجراء العملية في علم المنظر)

اذا اريد رسم ظل عمارة من بعد فانه ينبغي تعيين نقطة اجتماع سائر الاشعة
المتوازية بمقتضى الطريقة انعام المذكورة في الدرس التاسع المتعلقة بنقط
الاجتماع فبمجرد ما يتحصل معنى منظر اى نقطة ينتج بوصول تلك النقطة على
اللوحة بنقطة اجتماع الاشعة الشمسية منظر الشعاع المار بالنقطة المفروضة
واذا كانت النقطة المذكورة مظلمة فانه ينتج منظر ظلها وقد يكون ظل الخط
المخفى المنظور من بعيد جملة خطوط مستقيمة تنتهى كلها بنقط الاجتماع
كاضلاع المخروط

(بيان تقاطع المخروط والمستوى)

هذه التقاطعات المهمة بالقطوع المخروطية لها في صورة ما اذا كان المخروط
مستديراً او مائلاً او قائماً اهمية عظيمة جداً في العلوم والفنون ولها في الهندسة
مبحث مستقل مهم كمبحث المثلثات ويعتبر مكانه سلم يتوصل به من مبادئ
الهندسة الى مطولاتها

ولا يليق بهذا المبحث ان تعرض لبسط الكلام على اصول اشكال القطوع
المخروطية وتطبيقاتها الاصلية وانما نسلك في ذلك مسلك الايجاز فنقول
نعين المساقط الافقية والقائمة لتقاطع المخروط بالمستوى كما فعل ذلك
في الاسطوانة وذلك بان نعين المسقط الافقى والقائم لتقاطع هذا المستوى بكل
ضلع من اضلاع المخروط فيكون المبنى المار بالنقط المعينة بهذه الكيفية في حال
وضعه على مستويات المساقط هو المسقط المطلوب تحصيله

ولناخذ المخروط البسيط المنتظم وهو المخروط القائم المستدير كما في

(شكل ١٢) فتكون جميع خطوط تقاطعه بمستويات موازية للقاعدة
دوائر كالمساعدة المذكورة وقد تكلمنا في الدرس الثالث على خواص الدائرة
ومحيطها ولم يبق علينا الا القطع الناقص والقطع المكافئ والقطع الزائد
ولنتكلم عليها على هذا الترتيب فنقول .

*** (بيان القطع الناقص) ***

اذا قطعنا المخروط بمستوى $ح خ$ (شكل ١٢) المائل على المحور
وكان هذا المستوى قاطعا لساير اضلاع المخروط فان القطع المخروطي الحادث
بهذه الكيفية يكون قطعانا قاصا وهو خط منحن متجهل ببعضه من ساير جهاته
بحيث لا يرى فيه انقراج وهالة خواص القطع الناقص الاصلية
وحاصلها ان هذا الشكل له مركز في نقطة $و$ (شكل ١٣) ومحوران
مثل $ا ب$ و $ث د$ يتقاطعان في زاوية قائمة وكل خط مثل
 $ض و ط$ ممتد من مركز $و$ ومنته الى محيط القطع الناقص يكون
منقسما بالمركز المذكور الى قسمين متساويين وهو قطر يقسم ايضا القطع
الناقص الى قسمين يمكن انطباق احدهما على الاخر بقلب هذا القطر طرفا
على طرف

وكل من المحورين المذكورين يقسم القطع الناقص الى قسمين متماثلين وكل
خط مثل $م ح ن$ عمود على احد المحورين وهو $ا ب$ يكون منقسما
بهذا المحور الى قسمين متساويين مثل $ج م و ح ن$ وبناء على ذلك
اذا ادركنا نصف القطع الناقص وهو $ا ث ب$ حول $ا ب$ الذي هو
بمنزلة المحور فان ساير نقاط محيط $ا ث ب$ تنطبق مباشرة على نقط محيط
 $ا د ب$

واذا كان مركز القطع الناقص عين مركز الدائرة التي قطرها محور $ا ب$
فانه بامتداد خطي $و د$ و $ح ن$ على الدائرة الى نقطتي $د و$
يتحصل معنا هذا التناسب وهو $و د :: ح ن :: ح د$
وهذا بالنظر للخطوط الثلاثة المستقيمة وهي $ح ن د$ الموازية لمحور

ث و د ومن ثم يمكن ان يعتبر القطع الناقص بالنظر لجهة من جهاته كانه
دائرة مفرطة ومنبسطة مستوية بالنظر لجميع اجزائها

واما في صورة العكس وهي ما اذا رسمنا دائرة مثل ث د (شكل ١٣ مكرر) على المحور الصغير وهو ث د المعتبر كانه قطر فانه
يتحصل معنا التناسيب الاتي بالنظر لكل خط مستقيم مثل خط ف ا غ ع
العمودي على محور ث د المنتهي في نقطة غ بالدائرة وفي نقطة غ
بالقطع الناقص وهو و ن : و ب : ف غ : ف غ
وحيث يمكن اعتبار القطع الناقص كانه دائرة يضاوية ممتدة امتدادا متناسبا
في سائر اجزائها

واذا رسمنا دائرة على مستو مائل مرموز له بمستقيم ا ب (شكل ١٤)
كان المطلوب معرفة مسقطها على المستوى الافقي

فتفرض ان ا ر هو مسقط قطر ا ب الذي هو ا ك من ميلان غيره
وحيث ان نقطة و هي مسقط مركز و فاذا مد ث و عمودا على
ا ر وجعلنا و ث = و ث = نصف قطر الدائرة فان منحنى
ا ر ث د يصير مسقط الدائرة المذكورة وبذلك يكون قطعانا معا وذلك اننا
اذا مددنا عمودا مثل م ن على قطر الدائرة الذي هو ا ب المرسومة
على مستوى ا ب فان خط م ن الافقي يكون في مستوى الدائرة
وبناء عليه يكون مساويا لمسقطها الذي هو م د ولذا يكون قرب اعمدة
م د البسيطة من المحور الاكبر الذي هو ث و اكثر من قرب اعمدة
م د من قطر ث و كنسبة و م الى و م فاذا كان مسقط
الدائرة المذكورة ليس الا دائرة منبسطة ممتدة بالتناسب في جميع اجزائها
وهي كناية عن القطع الناقص

فعلى ذلك كل دائرة رسمت على مستو غير مواز لها يكون مسقطها قطعانا قصا
ويكون المحور الاكبر من هذا القطع مساويا لقطر الدائرة المذكورة
ولما كانت خواص القطع الناقص كثيرة جدا بحيث لا يمكن بسط الكلام

عليها اقتصر نامنها هنا على خاصية نذكرها لك لاهميتها وكثرة مسد خيلتها في العمليات فنقول .

اذ اعينا نقطتين ثابتتين مثل $\overline{ف}$ و $\overline{و}$ (شكل ١٥) بوترين او شاختين ور بطنا فيهما خيطا طول من مسافة $\overline{ه}$ و $\overline{و}$ ثم شدنا هذا الخيط بآلة رسم فيستقدم تارة الى جهة $\overline{ف}$ وتارة الى جهة $\overline{و}$ ف يحدث عن ذلك خط منحن يسمى قطعا ناقصا ويقال له ايضا قطع البستانية الناقص لانهم يسمون القطوع الناقصة الموجودة ببساتينهم على هذه الكيفية ومن خواص القطع الناقص الشهيرة جدا انه متى كل نقطة من نقطه كالنقطة المرموز اليها بحرف $\overline{ث}$ يحدث عن جزئي $\overline{فث}$ و $\overline{و ث}$ المستقيمة المركب منهما الحبل في نقطة $\overline{ث}$ زاوية واحدة بتلاقيهما مع الخط المنحني او مماسه وهو $\overline{ط ث ط}$.

(بيان اجراء العملية في علم الضوء)

قد افادتنا التجربة ان كل شعاع من اشعة الضوء كشعاع $\overline{ف ث}$ الذي يمر خطا منحنيا او سطح $\overline{ا ث ب}$ يكون له اتجاه مثل $\overline{ث ف}$ وبعبارة انة يتعكس على حسب $\overline{ث ف}$ بحيث يحدث عن الشعاعين اللذين هما $\overline{ف ث}$ و $\overline{ث ف}$ زاوية واحدة بتلاقيهما مع الخط المنحني او السطح فاذا انعكس القطع الناقص الضوء كما انعكسه المرآة المستوية فانه يكون لكل شعاع مضبيء مثل $\overline{ف ث}$ خارج من نقطة $\overline{ف}$ عند انعكاسه اتجاه $\overline{ث ف}$ المار بنقطة $\overline{ف}$

وكل نقطتين مثل $\overline{ف}$ و $\overline{و}$ يسميان بالبورتين فعلى ذلك جميع الاشعة المضئية الخارجة من احدى البورتين والمنتكسة بحيط القطع الناقص تمر بالبورة الثانية

(بيان اجراء العملية في علم السمع اى انعكاس الصوت)

ينتشر الصوت ويتجه اتجاها مستقيما كاتجاه الضوء واتساره ثم ينعكس انعكاسا مستقيما ايضا بحيث تساوى زاوية الانعكاس زاوية السقوط

المعترضة فعلى ذلك اذا كان محيط القطع الناقص مرسوما بحيث يعكس الصوت فان سائر الاصوات الخارجة من بورة ف تنعكس عند مرورها بالبورة الثانية وهي ف التي تصير صدى ف

وهناك محال بنيت على صورة القطع الناقص (شكل ١٥) فقطهر منها بواسطة التجربة صحة ما قررناه في هذا المبحث فان الانسان اذا خفض صوته وهو في البورة التي هي ف بحيث لا يسمعه اقرب منه بان كان في نقطة و مثلا حدث مع ذلك عن تأثير صدى صوته المنخفض الصادر عنه في نقطة

ف صيرورة هذا الكلام واضحة مفهوما في البورة الثانية وهي ف ولا بأس بان نذكر هنا عملية تتعلق بخاصة الصوت وان كانت محزنة تتأثر بها النفس وحاصلها ان اناسا لارافة عندهم بنوا سجون لا يمكن لمن سجن بها وكبل بسلاسل الحديد في بورة ف ان يتهفوه بكلمة واحدة الا وتسمع في البورة الثانية وهي ف من القبة التي على هيئة القطع الناقص المنفصلة من ف بحاجز يمنع المسجون ان يرى السجنان المتكفل بملاحظته ومراقبته

وقد تقطع النجوم السيارة حول الشمس خطوطا منحنية وهي قطوع ناقصة احدى نقطتي احتراقها مركز الشمس وقد مضى على علماء الهيئة والهندسة ثلاثون قرنا وهم يمارسون فنونهم حتى ادركوا حقيقة هذه التجربة التي بها اتسعت دائرة علم الهيئة عند المتأخرين

فاذا ادركنا القطع الناقص حول محور كبير مثل ا ف ب يمر بنقطتي الاحتراق حدث عن ذلك سطح دوران توجد فيه هذه الخاصية وهي ان كل شعاع مضي ذي صدى مثل ث ف خارج من نقطة الاحتراق وهي ف يكون في انعكاسه على خط مستقيم يمر بنقطة الاحتراق الثانية وهي ف

وكما انه يمكن بواسطة الدائرة البيضاء والمستطيلة او المربعة المسطحة بالنظر لجميع اجزاء نقطتها ان ترسم سائر القطوع الناقصة يمكن بواسطة الجسم الناقص الدائر المرسوم بدوران القطع الناقص حول احد محوريه ان ترسم

سطوحاً مجسمة ناقصة بيضاوية مستطيلاً أو مستطحة وهذه الطريقة تكفي في هذا المقام ولا حاجة فيه إلى الاطناب وبسط الكلام
وهناك طريقة أخرى في رسم القطوع الناقصة بحركة مستمرة كان يستعملها
أرباب الصنائع غالباً وذلك أنه إذا كان $\overline{أوب}$ و $\overline{ثود}$ هما
المحوران (شكل ١٦) ومددنا مستقيم $\overline{منج} = \overline{وا}$ واخذنا
عليه $\overline{ح ن} = \overline{وث}$ وبقيت نقطة $\overline{م}$ مائكة دائماً على المحور
الأصغر الممتد على قدر الحاجة وبقيت نقطة $\overline{ن}$ على المحور الأكبر فتقدم
هذا الخط المستقيم أو تأخره في جميع أوضاعه الممكنة ترسم نهايته وهي $\overline{ح}$
القطع الناقص وهو $\overline{أ ب ث د}$

وقد صنعوا بموجب هذه الطريقة آلات لرسم القطع الناقص بحركة مستمرة
وهي في الحقيقة بيكرات على هيئة قطع ناقص

وقد ينشأ في قائمة الآلات المخترعة كيفية الرسم بهذه البيكرات لسطح مجسم
قطع ناقص أي ما كان بواسطة حركة مستمرة وخط مستقيم نقطه الثلاثة المعلومة
تمكث دائماً على ثلاثة مستويات ثابتة حين ترسم النقطة الرابعة بتقدمها
أو تأخرها في جميع الجهات سطح مجسم القطع الناقص وتشتغل هذه الطريقة
في أخذ صورة الأجسام وفي الأشغال التي يقتضيها بناء القباب التي على صورة
القطوع الناقصة

* (بيان القطع المكافئ) *

يكون القطع المكافئ (شكل ١٧) مرسوماً على مخروط $\overline{أ ب}$ و $\overline{أ ج}$
بواسطة مستوي $\overline{ح ر}$ الموازي لأحد ضلوع المخروط المذكور وهذا القطع
هو خط منحن كخط $\overline{م د ح}$ مغلق من جهة ومفتوح من أخرى ويمتد إلى
الانهاية وفرعاؤه هما $\overline{م د}$ و $\overline{ح ر}$ آخذان في الانفرج على التدرج
وليس للقطع المكافئ الذي هو $\overline{منج}$ (شكل ١٨) الرأس واحد
وهو $\overline{ن}$ ومحور واحد وهو $\overline{ن ل}$ يكون فرعا القطع وهما $\overline{من}$
و $\overline{ن ح}$ بالنسبة إليه ممتثلين وهذا القطع أيضاً بوزة وهي $\overline{ف}$

وانتد المحور بكمية ككمية $ن غ = ن ف$ التي هي بعد المسافة
 بين بورة القطع المكافئ ورأسه وعند ايضا من نقطة $غ$ مستقيم $س ص$
 عمودا على هذا المحور فاذا مددنا الشعاع المنعكس وهو $ك$ الى
 نقطة $ش$ على $س ص$ كانت نقطة $ح$ التي هي من القطع
 المكافئ على بعد واحد من البورة ومن خط $س ص$ وحيث
 $ف ح$ يساوي $ش ح$ فاذا اتينا بمسطرة مثلثية مثل
 $ه ش ح$ ومررنا بها على طول $س ص$ واتينا ايضا بحبل نربطه
 بالزاوية القائمة وهي $ش$ ونشد بحيث يكون على هيئة خط مستقيم
 بطول $ش ح$ واتينا بحبل ثان ثابت في نقطة الاحتراق وهي $ف$
 وضممنا احد طرفيه في نقطة $ح$ الى الحبل الاول بحيث ينتج ان
 $ف ح = ش ح$ وتركنا هذين الحبلين يمتدان بالتساوي
 فكلما بعدت المسطرة المثلثية عن المحور اخذت نقطة $ح$ في رسم القطع
 المكافئ حتى ينتهي

واذا فرضنا ان القطع الناقص يمتد بالتدريج فان نقطتي احتراقه يبعدان عن
 بعضهما فاذا اقتصرنا على احدى هاتين النقطتين فان جزء القطع الناقص
 الذي يمتد حول هذه النقطة يكون عند الرسم شديدا بالقطع المكافئ وعلى
 التدريج حتى اذا تم رسمه صار استوائين بحيث لا يفرق بينهما
 ثم ان النجوم ذوات الذنب ترسم خطوطا منحنية قريبة الشبه بالقطوع
 المكافئة تشغل الشمس نقطة احتراقها وهي في الواقع قطوع ناقصة بضاوية
 الشكل

وكما امتد القطع الناقص اخذت الاشعة الشمسية الخارجة من احدى نقطتي
 الاحتراق المتباعدة عن النقطة الثانية في التوازي تدريجا وهذا فيما اذا فرضنا
 ان نقطتي الاحتراق يبعدان عن بعضهما بعدا لانهاية له وبذلك يكون القطع
 الناقص في الحقيقة قطعاً مكافئاً وتكون الاشعة الخارجة من نقطة الاحتراق
 التي يكون بها الراصد منعكسة بالخط المنحني المذكور بحيث لا تقابل المحور

الذى توجد فيه نقطة الاحتراق الثانية الا في بعد لانهاية له فاذا تكون الاشعة الخارجة من نقطة احتراق القطع المكافئ منعكسة بهذا الخط مع موازاتها للمحور

و يستعمل القطع المكافئ لتبليق الضوء الخارج من نقطة الاحتراق وانعكاسه الى جملة اشعة موازية للمحور عوضا عن ان تكون تلك الاشعة منتشرة في سائر النقط الموجودة في الفراغ


(بيان اجراء العملية في المنارات)

اذا اوقدت نار على شواطئ بحرا وفي داخل ميقات او في مصب الانهر او على المراسي الخطرة او ما جاورها من المهن ان نرى ضوء تلك النار من بعيد وهي نار المنارات فيلزم وضعها في نقطة احتراق المسطوح المتخذة من النحاس المقضض ويجعل لها شكل القطع المكافئ الذى يدور حول محوره (شكل ١٨) وهو مجسم قطع الدوران ويموجب هذا البيان يحدث عن سائر الاشعة التى يعكسها السطح الذى يطلق عليه اسم مجسم القطع المكافئ العاكس جملة اشعة متوازية قاعدتها دائرة AB المتوازية التى يتكون منها ايضا قاعدة سطح $ABCD$ من العاكس

ثم ان مجسم القطع المكافئ نارة يكون موضوعا في وضع ثابت وفي هذه الصورة لا يمكن رؤية المنارة في الليل على بعد عظيم الا في وقت المرور بمحور القطع المكافئ ونارة يدور مجسم القطع المكافئ على محور قائم فحينئذ يصير بالتدريج الضوء المنعكس بذلك المحور على سائر نقط الافق وقد ادرك الملاحون بذهاب الضوء ورجوعه المنتظم ان هذا الضوء ليس ناشئا عن نار موضوعه حيثما اتفق وقد يبين من المدة المتخللة بين وجود الضوء وانعدامه الاختلافات التى تميزها المنارات من جهة واحدة

(بيان القطع الزائد)

القطع الزائد هو عبارة عن قطع CD و EF (شكل ١٩) المرسوم في المخروط بمستوي قطع طبقى AB و CD وينقسم الى

جزئين منفصلين عن بعضهما لكل واحد منهما فرعان  كالمقطع المكافئ.
الا ان الفرق بينهم ما هو ان فرعي المقطع الزايد يمتدان بسرعة اكثر من فرعي المقطع
المكافئ ومن هنا قيل ان فرعي المقطع الزايد المحكم الرسم المشترك مع المقطع
المكافئ في المحور والرأس يؤول امرهما الى كونهما يخرجان من بين فرعي
المقطع المكافئ.

وللمقطع الزايد وهو ا ب ث و ا ب ث (شكل ٢٠) محوران
وتقطعا احتراق وهما ف و ف كالمقطع الناقص غير انه عوضا عن
أن يكون مجموع الاشعة الاحترافية ثابتا على حالة واحدة يكون ذلك ثابتا
لتفاضلها وكذلك شعاعا ف م و ف م يحدث عنهما زاوية واحدة
مع المنحنى الا ان هذا المنحنى يمر بهذين الشعاعين اى شعاعى الاحتراق عوضا
عن ان يكتسبهما كالمقطع الناقص * وبالجاء فهناك خطان مستقيمان مثل
ص و ص و ز و ز يحدث عنهما زاوية واحدة مع المحور الا كبر وهو
ف و ف ويقربان من المقطع الزايد كلما بعدا عن مركز و المارين به
من غير أن يتلاقيا بفرع المقطع الزايد ولذلك سميا بالخطين الموازيين للخط
المنحنى

* (بيان تقاطع الشكل المخروطى بالسطوح المنحنية) *

يكفى لتحديد هذا التقاطع أن نمر بعدة مستويات من رأس المخروط فتقطع هذا
المخروط في اضلاع مستقيمة وتقطع ايضا السطوح المنحنية في خطوط أخر يكون
تقاطعها مع تلك الاضلاع هو عين نقط الخط المنحنى المطلوب

* (بيان اجراء العملية في معرفة علم النور) *

قد سبق في الدرس التاسع ان الاجسام تظهر لنا بواسطة اشعة منيرة سارية من
كل من نقطها الى مركز عين الانسان فعلى ذلك كل خط يقذف الاشعة المنيرة
المذكورة بصير قاعة للمخروط فاذا رسمنا تقاطع هذا المخروط بالسطح المشاهد
فحصل معنا منظر الخط المنير

وتكون الالواح في العادة سطوحا مستوية كما تقدم في الدرس التاسع

وقد تكون اسطوانات او انصاف كرات

(بيان البانورامة الى المنظر العام)

قد توصل اهل هذا الفن الى صناعة الواح اسطوانية بوضع نقطة المنظر على نفس محور الاسطوانة وبهذه الوسطة امكثهم ان يرسموا على محيط الاسطوانة سائر الاجسام الطبيعية التي تنتشر بالاستدارة الى الافق حول نقطة مفروضة وهي البانورامة التي يعبر عنها بالمنظر العام لجميع الاشياء لانه بواسطتها شاهد جميع الاجسام التي يمكن رؤيتها من نقطة واحدة فلذا كانت البانورامة عبارة عن تقاطع السطح الاسطوانى المتقدم المأخوذ لوحاً مع سطح مخروط واحد او عدة سطوح مخروطية رأسها موضوعة في نقطة المنظر وقاعدتها جميع الخطوط الطبيعية التي يريد الصانع رسمها .

ولاجل الاختصار في عمليات هذا النوع من المنظر تقسم الافق الى اجزاء متعددة بأن تقسمه الى عشرين جزءاً مثلاً ثم يرسم على افرخ ورق او صفائح مستوية معتادة منظر الاشياء المنحصرة في العشرين جزءاً من الافق ثم يرسم بجانبه على الستارة الدالة على انتشار سطح الاسطوانة المجعولة لوحاً العشرين طبقة المنتصبة المتوازية ثم تنشر هذه الستارة على الهياكل الانعطوانى من البيت المستدير المحتوى على البانورامة

واذا رسم هذا النوع على حقيقة تهدهش منه الناظر لانه في بعض الاحيان يبدو له منه سائر التخيلات الطبيعية وهذه الطريقة في الرسم اجود من غيرها اذ بها يعرف منظر اى محل كان حول نقطة مفروضة وهذه الفائدة لا يمكن وجودها في السطح المخوف ولا في منظر صورة جزء من الافق .

(بيان المرأة المسحورة)

هذه المرأة عبارة عن لعبة طبيعية شهيرة ناشئة عن التخيلات الهندسية وهي من قبيل البانورامة وصورتها ان يرسم على مستوا يشعكالا بحيث انها عند انعكاسها بالمرآة الاسطوانية او المخروطية تظهر لعين الراصد في صورة اجسام منتظمة وصورة طبيعية ويلزم لرسم تلك الاجسام على المستوى ان تتصور

أولاً سائر اضلاع المخاريط التي تجعل لكل جسم منظر على المرء آة وثانياً الاشعة المنعكسة بان نعتبر هذه الاضلاع كأنها اشعة ساقطة فينتج عن كل شعاع منعكس بتقاطعه بالمنتهى نقطة ويكون مجموع النقط المحددة بهذا الوجه الشكل المطلوب رسمه وما يحصل للانسان عند رؤية هذا المنظر من المسرة والابتهاج انما هو ناشئ عما يلحقه من الطرب حين يرى الاشكال الغير المنتظمة والاشكال البشعة القبيحة المنظر تتحول بانعكاس الضوء الى اشكال منتظمة حسنة المنظر مستكملة لما يرويه من الانتظام والجودة

(بيان المناظر المرسومة صورتها في داخل القباب والقبوات)

قد تكون القباب والقبوات الموجودة في العمارات الكبيرة كالهياكل والقصور منقوشة في الغالب بمناظر رسمها يحصل بتقاطع السطوح المخروطية بسطوح هذه القباب والقبوات فيلزم للرسم ان يقف على حقيقة ما يراه من الصور لتظهر للمناظر على بعداتها على شكلها الحقيقي ووضعها الطبيعي وان كانت في حالة القرب تخالف ذلك بالكيفية

(بيان الظلال المخروطية)

اذا كان هنالك نور كنور مصباح او شمعة او كان عدة انوار مجمعة مارة بثقب صغير وانارت على اجسام مظلمة فانها تعكس من ظل هذه الاجسام بحيث يترأى في الفراغ ان الفاصل بين الظل والنور شكل مخروطي فاذا اريد رسم الظل الذي يعكسه الجسم المنير من نقطة واحدة على جسم آخر لزم ان نحدد تقاطع السطح المخروطي الناتج من الجسم الذي يعكس الظل بالجسم المنعكس عليه الظل

وسنبين للمبتدئين في التصوير الثمرة التي تظهر لهم في هذا المعنى وكذلك في الظلال المنعكسة باشعة متوازية عند تحديدهم من مبدء الامر بالطرق الهندسية كثير من الظلال المنعكسة التي من هذا القبيل ليعتادوا على الاشكال التي تنتج عنها ويعرفوا معرفة تامة تأثير النور في شكل الظلال فبذلك يزاد رسمهم صحة وضبطاً

وذلك لانشاء انسجنا على منوال الطريقة التي ذكرناها نتج عن ذلك شيان
احدهما تقاطع السطوح المنتشرة والمعوجة بسطوح آخرتين النقط التي
تتلاقى فيها السطوح بكل من المستقيمات التي هي اضلاع السطوح الاول *
ثانيهما تقاطع سطوح الدوران الدوران بسطوح آخر عند البحث عن النقط
التي تتلاقى فيها السطوح الاخيرة بدوائر متوازية مرسومة على السطوح
الاول وهلم جرا ومهارة الراسم في هذه العمليات هي اتقائه سطحى المسقط
ليتحصل معه خطوط منحنية بسيطة يسهل بهارسم مساقط خطوط التولد
من كل سطح

(الدروس الرابع عشر)

(في بيان الخطوط والمستويات المماسية للمنحنيات والسطوح)
لا جيل تسهيل ادراك القضايا والبرهنة عليها نبدل في الغالب خط
ا ب ث د ه ف غ ش المنحنى (شكل ١) بمضلع مستقيم
الخطوط تكون اضلاعه الصغيرة جدا وهي ا ب و ب ث و ث د
و د ه الخ مماثلة بالكلية لعنصر الخط المنحنى المنحصر بين تلك الاضلاع
المتنوعة

واذا مددنا من تقطى ا و ب المقروض وضعهما على المنحنى مع غاية
القرب من بعضهما خط س ا ب ص المستقيم ظهر كانه امتزج بالمنحنى
في المسافة الصغيرة التي بين تقطى ا و ب وتعين به اتجاه الجزء الاصغر من
منحنى ا ب ث د ه ف غ ش فنقول حينئذ ان مستقيم
س ا ب ص مماس للمنحنى في عنصريه الصغير وهو ا ب
ولا يخفى ان هذه الطريقة التي استعملناها في تحصيل مماسات المنحنى ليست
الاطريقة تقريبية ولنضرب لك مثلا تقريرا يكون عندك المليم بالمماسات
الحقيقية فنقول

لنخذ في دائرة ا ب ث د (شكل ٢) نصف قطر و ا ثم نخذ من
نهاية ا عود س ا ص على نصف القطر المذكور وقد برهننا

(في الدرس الثالث) على ان كل نقطة من س ا ص ما عند نقطة ا توجد خارج الدائرة وان مستقيم س ا ص الذي يمر بالدائرة في نقطة واحدة يسمى مماس للدائرة .

ولا يمكن ان يمر من ب نقطة ا ولا من شمالها بخط مستقيم بين الدائرة ومماسها وهو س ا ص فلذلك تمد من نقطة ا خطا مستقيما كخط ا ز ثم تخط و ن عمودا على ا ز . فيصير هذا العمود بالضرورة اصغر من مائل و ا فاذن يدخل خط ا ز في الدائرة وبناء على ذلك لا يمر دأ ثما من نقطة ا بين الدائرة ومماسها وهو س ا ص

وحيث ان الجزء الصغير من الدائرة الذي اوله من المماس اتجاهه هو عين اتجاه المماس المذکور اما يمكن ان نعتبر نقطة قريبة جدا من نقطة ا مأخوذة على الدائرة كأنها موضوعة على المماس وهذا كاف في تعيين اتجاهها الذي يقل خطا كلما قربت النقطة الثانية من الاولى

وقد يكون نصف قطر و العمودي على مماس س ا ص عموديا ايضا على عنصر الخط الممحي الذي يكون من نقطة ا على اتجاه المماس المذکور ويطلق اسم الخط العمودي على الخط النازل عمودا على المماس فلذا كان نصف قطر الدائرة عمودا على المحيط

ثم ان ارباب القنون يستعملون كثيرا خواص المماسات والاعمدة في تحديد لشكال محيطات الخطوط والسطوح

ولذا كراولا كيفية رسم المضلعات المنتظمة بواسطة مماسات الدائرة فنقول لنفرض مضلعا منتظما كضلع ا ب ج د ه الخ (شكل ٣) فحيث ان نقطة و هي مركز هذا المضلع ينبع و ا = و ب = و ج = و د = و ه الخ وكذلك ا ب = ب ج = ج د = د ه الخ فاذن تكون مثلثات ا و ب و ب و ج و ج و د و د و ه متساوية فتكون اعمدة و ا و و ب و و ج و و د و و ه الخ النازلة من نقطة و على ا ب و ب ج و ج د و د ه الخ متساوية ايضا فاذن يكون مماس الدائرة المرسومة من نقطة و المجهولة

مركزا بواسطة نصف قطر $وا = وب = وث = ود =$ الخ
هو سائر اضلاع المضلع المذكور وهو $ا ب ث د ه$ الخ
ويقال ان كل شكل مضلع مثل $ا ب ث د ه$ الخ يكون مرسوما خارج
دائرة $ا ب ث د$ الخ فمن ثم كان كل شكل مضلع منتظم يقبل الرسم
خارج الدائرة

ومن الجلي ان محيط الدائرة يكون اكبر من محيط كل شكل مضلع مرسوم
في داخلها كمضلع $ا ب ث د$ واصغر من محيط كل شكل مضلع مرسوم
في خارجها كمضلع $ا ب ث د$ وان سطح الدائرة يكون اكبر من سطح كل شكل
مضلع مرسوم في خارجها

ولما اكثر المهندسون ضرب اضلاع الاشكال كثيرة الاضلاع سواء كانت
خارج الدائرة او داخلها واخذوا نصف القطر وحدة قياس حسبوا دائرتين
مختلفتين اقل من طول يمكن القياس معلوم بالاآلات الهندسية وهذان
الدائرتان احدهما اكبر من محيط الدائرة والاخر اصغر منه .

وتدروا ان هذا القبيل اشكالا كثيرة الاضلاع منتظمة سطح احدها اكبر من
سطح الدائرة والاخر اصغر من سطحها ومغايرة لبعضها تغايرا اقل من القياس
المعلوم قبل ذلك فلذلك تراههم يرمزون لمحيط الدائرة التي نصف قطرها يساوي
وحدة القياس وكذلك لسطحها باعداد تقر بديهة جدا .

ويمكن استعمال هذه الطريقة في تحديد محيط مسافة منتهية وفي تحديد سطحها
بأي نوع من الخطوط المنحنية

وهذه الطريقة الشهيرة تسمى عند المهندسين طريقة التحديد وبها يستعان
في البرهنة على كثير من التقاويم والقواعد الرياضية التي جعلناها من قبيل
الحدسيات القرينية من الحقائق اليقينية فاذا اريد تفصيل سطح كروحي من
صفائح الحديد او من ورق المقوى بموجب محيط دائرة $ا ب ث د$
كافي (شكل ٣) نبتدي برسم شكل مضلع خارج الدائرة بواسطة
خطوط مماسة ثم نزيل بفارة او مبرد او مقراض اواي آلة مستقيمة الخطوط

زوايا α و β و γ فيحدث عن ذلك شكل مضلع اضلاعه
ضعف اضلاع الاول ويتفاوت قليلا عن محيط الدائرة فاذا استمر على ازالة
الزوايا بهذا الوجه حدث مضلع اضلاعه متعددة الا انها صغيرة بحيث لا يمكن
ادراك زواياها ولا رؤسها فعند ذلك يتم رسم الدائرة على احسن وجه

وفي عمل الابواب والاشبابيك والقبوات الكاملة التقوس وغيرها يكون α م
و β ث γ المستقيمان (شكل ٤ و ٥) منتصبين وعمودين على نصف
القطر الافقي وهو α و β = γ (شكل ٤) = α ث
(شكل ٥) وبناء على ذلك يكون هذان المسندان المستقيمان مماسين للقبوات
المذكورة في نقطتي α و β

وفي قبوة α ب γ د المنكسة (شكل ٦) المصنوعة على هيئة اذن
القبة ثلاثة اقواس دائرية وهي α ب و β ث و γ د التي مراكزها
وهي α و β و γ مرتبة على هذا الوجه وهو

اولا تكون نقطتا α و β ونقطة γ التي هي ملتقى قوسى α ب
و β ث خطا مستقيما وثانيا تكون نقطتا α و β ونقطة γ
التي هي ملتقى قوسى β ث و γ د خطا مستقيما ايضا فاذا كان
خط α ب γ ص عمودا على α و β وكان خط γ د α عمودا
على α و β فان هذين الخطين يصيران معا خطين مماسين احدهما للقوسى
 α ب و β ث في نقطة γ وثانيهما للقوسى β ث و γ د
في نقطة γ وحيث ان هذه الاقواس المرسومة على هذا الوجه مماسها
واحد فلا يرى في نقطة تلاقيا نوع من الزوايا

واذا اريد تعويض خط منحني باقواس دائرية قريبة الشبه منه بقدر الامكان
بحيث يرى فيها اتصاله واستمراره فانه ينبغي ان تكون الاقواس المذكورة متصلة
بعضها ببعض يكون لها مماس واحد في نقطة تلاقيا وسيأتى توضيح ذلك
في الدرس الآتى

(بيان المستويات المماسية للسطوح) *

لنصنع في سطح $ا غ ب$ الخ بالتوازي لمستوى مفروض (شكل ٧) عدة قطوع مستوية مثل $ا ب$ و $ب د$ و $د ه$ فتأخذ هذه القطوع في التناقص كلما قربت من حدود السطح حتى ينتهي امرها الى أن تصل الى نقطة $غ$ التي تكون بمفردها على مستوى $م ن$ الموازي لجميع القطوع المذكورة

ولترسم على السطح المذكور عدة منحنيات مثل $ا غ ب$ و $ا غ -$ الخ مارة بنقطة $غ$ ونمتد من هذه النقطة عدة مماسات للمحنيات المذكورة وحيث أنه يتعذر مرور خط مستقيم بين مماسين من منحنين لزم أن تكون هذه المماسات موضوعة على مستوى $م ن$

فلذا كان المستوى المماس في نقطة $غ$ لسطح $ا غ ب$ مشتملا على جميع المستقيمات المماسية في نقطة $غ$ للمحنيات على اختلافها المرسومة من هذه النقطة على السطح المذكور ويلزم مع ذلك أن نستثنى النقط البسيطة كرأس المخروط وغير ذلك لكن هذه النقط هي دائماً مستثنيات على السطوح أي لا يلتفت اليها

ولنمثل لذلك بالكرة فنقول تكون قطوع $ا ب$ و $ب د$ و $د ه$ المتوازية (شكل ٨) دوائر مركزها $و$ و $ز$ و $و$ موضوعة على خط مستقيم وهو $و و$ الخ $غ$ عودى على مستوى سائر الدوائر وماربمركز الكرة فإذا ممدنا من نهاية نقطة $غ$ لهذا المستقيم مستوى $م ن$ موازيا للمستوى القطوع وعوديا على $و غ$ فانه يصير مماسا للكرة

وبيان ذلك أن كل نقطة من هذا المستوى تكون ابعده عن المركز من نقطة $غ$ فتكون ضرورة خارج الكرة فاذن لا يمس المستوى المذكور الكرة الا في نقطة $غ$ وكل مستو ممند من $غ$ و $غ$ يقطع الكرة في دائرة قطرها $غ و غ$ ومماسها في نقطة $غ$ عود على $غ و غ$ والاعمدة التي في نقطة $غ$ على مستقيم $غ و غ$ موضوعة في المستوى العمودى على الخط

المستقيم المذكور ومارة بنقطة $\overline{ع}$ قاذن يحتوى المستوى المماس وهو $\overline{م ن}$ على جميع مماسات دوائر $\overline{ا}$ وانما $\overline{ا}$ التي قطرها $\overline{ع د}$ وتظهر ذلك في سهولة للبرهنة عليه هو ان $\overline{ك}$ كل دائرة صغيرة مرسومة على الكرة من نقطة $\overline{ع}$ يكون مماسها في هذه النقطة موضوعا ايضا على $\overline{م ن}$.

وكل خط مستقيم مثل خط $\overline{ع د}$ (شكل ٨) عودى في نقطة $\overline{ع}$ على المستوى المماس سواء $\overline{ك}$ كان في السطوح او المخطوط يسمى بالخط العمودى.

ولنطبق هذه المسائل الاولى على السطوح بانواعها التي تقدم ذكرها في الدروس السابقة فنقول

(بيان المستوى المماس للاسطوانة)

لنفرض اسطوانة كاسطوانة $\overline{ا ب ث ا}$ (شكل ٩) المنتهية بقاعدتين موضوعتين في مستويين متوازيين سائر خطوطهما المتقابلة متوازية ايضا فاذا كان $\overline{ب د}$ ضلعان مماسي $\overline{م ب ن}$ و $\overline{م د ه}$ للمخنيين في نقطتي $\overline{ب د}$ و $\overline{د ه}$ يكونان متوازيين ومن هذا القبيل كل خط مثل $\overline{م د ه}$ مماس لمخني $\overline{ا ب ث ا}$ الموازي للقاعدتين المذكورتين حيث ان نقطة $\overline{د ه}$ موضوعة على ضلع $\overline{ب د}$ ويحدث عن تسلسل مماسات $\overline{م ب ن}$ و $\overline{م د ه}$ و $\overline{م ه د}$ المتوازية التي تمر بضلع $\overline{ب د}$ الذي هو خط مستقيم مستوي يكون مماسا للاسطوانة في سائر امتداد الضلع المذكور.

(بيان رسم المستويات بالاسطوانات المماسية)

قد يصنع الخبز الذي يدبر نشابته بالتوازي من العجين مستويا يكون مماسا بالتدريج لكل ضلع من اضلاع السطح الاسطوانى للنشابة وكذلك البستانجي في عمل طرقات البستان وحياضه فانه يصل الى النتيجة المذكورة بتدوير الاسطوانة المسماة بالزحافة على تلك الطرقات والحياض

فكما تمهدت الارض واستوت صارت مماسة للزحافة في امتداد الاضلاع المختلفة لهذا السطح

وقد يعلق العربات صانعها بواسطة شيور من الجلد من كل جهة (شكل ١١) فتكون هذه السيور تابعة للآثر الأسفل الاسطواني من صندوق العربية وتمتد بحيث يكون سطحها الاعلا على هيئة سطح مماس لصندوق العربية فإذا اهتز الصندوق من الامام الى الخلف فإنه اما ان يتقدم او يتأخر على المستوى المماس المذكور الذي لا يعتبر به اهتزاز من احدى جهتيه دون الاخرى لكونه على حدسوته من الجانبين ومثل هذا الاهتزاز مفرع لكونه يحصل على حين غفلة في العربات الغير المعلقة

(بيان رسم الاسطوانة بالمستويات المماسية)

انذكر هنا الطريقة التي ذكرناها في الدرس الذي تكلمنا فيه على الاسطوانات من حيث تفصيل مجسم ملب يكون سطحه اسطوانيا فتقول نرسم القاعدة على طرفي قطعة من الخشب او الحجر يراد نحتها على هيئة شكل اسطواناني ثم نرسم شكلين متشابهين من سويين خارج الدائرة على هاتين القاعدتين وزيادة على ذلك تكون اضلاعهما المتقابلة متساوية ومتوازية ثم نمر بواحدة المنشار او الفارة او اي آلة صالحة لتفصيل السطوح بمستويات بين الاضلاع المتوازية من المصنعين المذكورين فيحدث عن ذلك منشور ذو اضلاع كثيرة من رسوم خارج الاسطوانة وذلك لان اوجنه المتنوعة تكون مماسة لسطح الاسطوانة فإذا ازلنا المنشار او الفارة او نحو ذلك اضلاع المنشور صنع مستويات جديدة مماسة للاسطوانة فكما كثرت هذه المماسات اخذت المنشاير المطلوب عملها في مماثلة الاسطوانة ومشابهتها

(بيان المستويات المماسية للخروط)

انما مددنا ضلع **ص** **ا ب ث** على الخروط (شكل ١٢) فان جميع الخطوط المماسية في نقط **ا** **ب** **و** **ث** لاقطوع المتوازية وهي **ا ب** **ب و** **و ث** **ث ا** تكون متوازية لبعضها ويحدث عن جميع هذه

المماسات مستوى **ح ح م ن** المماس للمخروط في جميع امتداد ضلع
ص ا ب ث

(بيان اجراء العماية)

يسوغ لنا بواسطة خاصية المخروط عند رسم كثير الاضلاع المرسوم خارج
 القاعدة أن نرسم شكلا هرميا اوجبه مماسة للمخروط في سائر طولها فاذا
 اصلحنا على التوالي بالانشار والفاة او نحوهما اضلاع شكل الهرم المذكور
 لنعشقها بمستويات جديدة متماسة فان عدد اضلاعه يأخذ في الزيادة فحينئذ
 يكون رسم السطح الذي هو عبارة عن المخروط مضبوطا على الوجه المطلوب
 (راجع الدرس العاشر)

(بيان المستويات المماسية للسطوح المنتشرة)

اعلم ان الخاصية الموجودة في المستوى المماس وهي كونه ممس الاسطوانة
 والمخروط في جميع امتداد ضلع من اضلاعهما ثابتة ايضا للسطوح المنتشرة
 على اختلاف انواعها ويمكن اعتبار هذه السطوح كأنها مصنوعة من عدة
 اوجه صغيرة مخروطية ضيقة جدا لها مثل اوجه المخروط مستويا حد مماس
 لطول كل ضلع من اضلاعها ويمكن مرسوم سطح منتشر بين منحنين مقروطين
 بان نرسم خارج هذين المنحنين عدة اشكال مضلعة كالمستوى الذي يمر في آن
 واحد بكل ضلع من اى مضلع كان فيكون هذا المستوى مماسا للسطح المنتشر
 واذا استمر على اصلاح الاضلاع الحادثة من تلاقى هذه السطوح فان اضلاع
 الاشكال المضلعة المرسومة خارج المنحنين والوجه المستوية المماسية للسطح
 المنتشر المراد بتحصيله تزداد وتكثر

(بيان الاسطوانات المماسية لبعضها على حسب اى ضلع كان)

اذا وضعنا اسطوانتين قائمتين مستديرتين مثل **ا ب ث د و ب ث ف ه**
 بجوار بعضهما (شكلي ١٠) بحيث يكون محوراها متوازيين
 وبمدهما يساوي مجموع انصاف اقطار قاعدتيهما فان هاتين الاسطوانتين
 يتماسان في جميع امتداد ضلع **ب ث** وحينئذ يكون السطحين

مماس واحد في امتداد هذا الضلع ولنفرض الآن ان في كل من مقدم الاسطوانتين ومؤخرهما لوحا اقويا اتجاها اعلاه هو عين اتجاها هذا المستوى فاذا وضعنا اللوح المعدني على احد اللوحين وجعلناه يمر بين الاسطوانتين اللتين على بعد واحد من بعضهما فان اللوح المعدني يمهّد بحيث يكون الوجهان المتوازيان مستويين مماسين فالوجه الاعلا يكون مماسا للاسطوانة العليا والوجه الاسفل يكون مماسا للاسطوانة السفلى وعلى ذلك تكون عملية جلق اللوح المعدنية بواسطة الاسطوانات مبنية على خاصية المستويات المماسية للسطوح الاسطوانية

(بيان المخاريط والاسطوانات المماسية لبعضها في اى ضلع كان)
اذا كان للاسطوانة ك اسطوانة ا ب م ث د ومخروط ك مخروط ا د ه (شكل ١٣) ضلع واحد مثل ا د وليهما في د مماس واحد وهو م ر خ فان المستوى الممتد من م ر خ ومن ضلع ا د يكون في آن واحد مماسا للمخروط وللاسطوانة في سائر امتداد ضلع ا د فاذن تكون الاسطوانة والمخروط المذكوران مماسين لبعضهما في سائر امتداد ضلع ا د

وقد يستعمل الحدادون والسبكّرية والنحاسون الخاصة المذكورة في تقويس الواح النحاس والصفائح على هيئة اسطوانية فيضعون اللوح بحيث يكون اتجاها ضلاع الاسطوانة هو عين اتجاها ضلع السن المخروط من لبلاية السندان المرموز لها بحروف ا د ه ثم يقوسون ايضا بواسطة مطرقة طرفها مقعر على صورة اسطوانية اللوح في سائر طول الخط المستقيم الذي يوجبه بمس المخروط اللوح المطلوب تقويسه فبذلك يتحققون من ان سطوح الواحهم اسطوانية وبهذه المثابة تكون صناعة السطح المخروطي وكل سطح منتشر بشرط الزيادة والنقصان في تقويس اللوح المعدني تدريجا بقدر بعددق المطرقة على ضلع الاتهام وهو ا د من رأس ا او قربه
سنة

* (بيان الاسطوانات المماسية والمكتنفة بسطوح اخر) *

اذا فرض ان خطا مستقيما موازيا دائما لاتجاهه الاصلى ياخذ في الامتداد وهو باق دائما على تماسه سطح مفروض فانه يحدث عنه اسطوانة تكون تماسه للسطح المفروض في جميع التسلسل الناتج عن نقط التماس الموجودة بين اضلاع الاسطوانة والسطح المذكور .

* (بيان الاسطوانات التي تكثف الكرة) *

لفرض ان هناك كرة مثل ا ب د (شكل ١٤) وان هناك خطا مستقيما مماسا دائما للكرة يتحرك وهو مواز لمحور ممتد من مركز الكرة فيحدث من هذه الكيفية اسطوانة قائمة مستديرة تماس الكرة في جميع امتداد دائرة ا م د الكبرى وبذلك يمكن تقدم الكرة في الاسطوانة اوتأخرها بان تكون مماسة لها بلا تقطاع في دائرة موازية لدائرة ا م د وعمودية على محور الاسطوانة

* (بيان اجراء عملية ذلك) *

للخاصية التي ذكرت آنفا مدخل عظيم في القنون فكلما وجه الانسان كرة بالنظر لمحور مستقيم مثل س و ص فانه يجعلها تتحرك في الاسطوانة المكتنفة بها وتمسها في جميع جهاتها

وهذه هي القاعدات التي نشأ عنها شكل اسلحة النار كالبنديق والطبنجات والمدافع والابوس والاهوان التي صورة سطحها الداخلي كصورة الاسطوانة القائمة المستديرة واما الرصاص والكل والقنابر ووجهة الابوس التي يراد احكام اتجاهها فهي اكر تتبع عند رميها اتجاه محور الاسطوانات

* (بيان معيار الاكر) *

لاجل ان تتحقق اولاً ان الكل ليست كبيرة القطر بحيث يمنع ذلك من دخولها في الآلة المعدة لها وثانياً انما ليست صغيرة جدا بحيث لا يحصل معها ضبط الرمي وتحريره تستعمل تطارات (شكل ١٥) ليست الاسطوانات مستقيمة مستديرة اضلاعها صغيرة جدا فيمسك الطيبي باحدى يديه قبض

النظارة وهو \overline{AB} و \overline{AC} ويدبر بالآخرى الكال على سائر جهاتها لينظر هل يمكن ادخالها في النظارة المذكورة ام لا وهل في الصورة الثانية يكون بينهما وبين النظارة فراغ ام لا وهذا هو المسمى بكيفية معرفة عيار الكال

(بيان اجراء العملية في الظلال)

يشاهد في الكائنات \llcorner كل وقت صورة على شكل السطوح الاسطوانية المصنوعة من الخطوط المستقيمة الموازية لبعضها المماسية لسطح واحد فاذا كان جسم محدّد بسطح منحن مضياً بالشمس وكان غير شفاف فانه يحجب الضوء عما وراءه وتكون الاشعة الفاصلة بين الظل والجزء المضى بالشمس هي ضرورة عين الاشعة التي تمس ذلك الجسم بدون ان يحجبها فهذه الاشعة المتوازية تكون مماسة لسطح الجسم فاذن يحدث عن مجموع النقط التي تحدّد الظل المنعكس في الفراغ جسم اسطوانى جميع اضلاعه مماسة لذلك الجسم ويحدث ايضا عن مجموع نقط تماس سطح الجسم والاسطوانة التي تحدّد الظل المنعكس بهذا الجسم خط منحن وهو الخط الفاصل بين الظل والضوء على سطح الجسم المضى.

واذا اردنا ان نحدد على مستو ما مع غاية الضبط ظل أى جسم كان فانه ينبغي انشاء الاسطوانات المصنوعة على هذه الكيفية بمماسات لسطح الجسم موازية لاتجاه اشعة الشمس المفروض ثم نحدد تقاطع هذا السطح الاسطوانى بسطح الاجسام المنعكس عليها الظل وهذا مبحث مهم جدا للمعمري والراسام فاذا قدمنا واخرنا الجسم المضى موازيا لنفسه في اتجاه معين باشعة الشمس فان كل نقطة من نقطه ترسم خطا مستقيما موازيا لهذه الاشعة فاذن تكون جميع نقط الجسم الموضوعة على الاسطوانة التي تحدّد الظل المنعكس على الجسم تابعة لاتجاه الاشعة المذكوكة المماسية بلا انقطاع لسطح الجسم ولا تزال الاسطوانة تحدّد الظل المنعكس بالجسم وهذه الاسطوانة التي تحتاطد آثارها بالجسم في سائر اوضاعه تسمى بالنسبة له سطحاً مكتنفاً

فعلى ذلك تكون الاسطوانة القائمة هي السطح الذي يكتنف الكرة المتحركة على خط مستقيم والباقية دائماً على قطر واحد وعليه فتكون خزانة المدفع والاهون سطحاً يحيط بالفراغ المقطوع بالكرة.

ويمكن ان يحفر في اى جسم سطح اسطوانى يكتنف الكرة التى نصف قطرها لا يتغير ويكون مركزها متحركاً على خط مستقيم كما يحصل ذلك عند ضرب الرصاصة في جسم لين غير سريع الانكسار.

وبعكس ذلك يمكن أن نصنع كرة بتدوير اسطوانة ما حول خط مستقيم عمودى على محورها ومارة به وبمحسب وضع الاسطوانة يكون محورها مماساً لدايرة كدائرة نصف النهار فيحدث عن اجتماع دوائر انصاف النهار نفس الكرة المذكورة فاذا فرضنا ان دوائر انصاف النهار المذكورة مرسومة على القرب من بعضها امكن ان نضع عوضاً عن الاسطوانة المماسية اضلاعاً اسطوانية منحصرة بين دائرتى نصف نهار متواليتين فيكون هذا من مصادقات القاعدة التقريبية التى ذكرناها في الدرس الحادى عشر.

وبالجملة قد سعمل الطرق المذكورة اولا في رسم سطوح على اى شكل اتفق بسطوح آخر تمسها من جميع الجهات ويمكن تحريكها في اتجاه مواز لاضلاع الاسطوانة وثانياً في رسم سطح ما بواسطة جملة اسطوانات تمسه في كل من اضلاعها.

(بيان اجراء العملية في فن النجارة)

اذا لزم للنجاران تنظيم اجزاء بارزة بالخراطة على حسب محيط مركب من جملة خطوط منحنية فانه يأخذ قارعة حديدية يكون على هيئة قطع شكل الخراطة وخشبها مفصل على حسب سطح اسطوانى قاعدته القطع المذكور ثم يحرك قارعة ويجعلها مماسة دائماً للمحيط الذى يتبعه الخطوط في هذه الحركة يصير السطح الاسطوانى للقارعة بالتوالى مماساً للخراطة المصنوعة في سائر امتداد القطع الناتج من حديد القارعة وتكون الخراطة هي السطح المكتنف للاسطوانة التى بينها خشب القارعة.

وقد ظهر لنا من السطوح المخروطية ملحوظات ونتائج متشابهة
فنقرض اتناخذ من نقطة مفروضة مثل ض (شكل ١٦) على كرة و جميع
مماسات ض ا و ض ب و ض ث الخ الممكنة فيحدث لنا مخروط
قائم مستدير مماس للكرة المذكورة في سائر امتداد دائرة ا ب ث د
المستعملة قاعدة للمخروط فاذا ادبرنا دائرة ا ب ه الكبرى على محور
ض و الممتد من نقطة ض ومن مركز الكرة وهو و حدث عن
الدائرة المذكورة الكرة وعن مماسيها وهما ض ا و ض ب المخروط
المذكور

فاذا تحرك مركز و على محور ض و مع ازدياد نصف قطر الكرة
او نقصانه بالنسبة الى بعده من نقطة ض فانه بالنظر لخاصية الاشكال
المتشابهة تكون اضلاع ض ا و ض ب و ض ث الخ من
مخروط ض ا ب ث د مماسة للدائرة المتقدمة فاذن يكون هذا المخروط
محتويا على المسافة التي تقطعها الكرة المتحركة مركزها على خط مستقيم ويرداد
نصف قطرها او ينقص بالنسبة لبعد المركز من نقطة ثابتة من نقط الخط
المستقيم المتقدم

واذا جعل محل الكرة سطح منحني حيثما اتفق يمكن ان يرسم من كل نقطة
موضوعة خارج السطح المذكور جميع الخطوط المستقيمة التي تكون اضلاعا
للمخروط الذي يمس السطح المذكور في كل من اضلاعه فاذا كانت النقطة
المجمولة رأسا للمخروط نقطة مضيئة فان المخروط المصنوع على الوجه المتقدم
يبين خلف الجسم حد الظل المنعكس بالجسم المذكور واذا رسمنا مع الدقة حد
الظل المنعكس بالجسم المتقدم على اى سطح كان لازم تعيين تقاطع هذا السطح
مع المخروط المحدد للظل الحادث من الجسم المنير

(بيان الكسوف)

اعلم انهم توصلوا بتطبيق هذه المقاعدة على علم الهيئة الى تحديد شكل الكسوف
ومقداره ولنقرض ان القمر في مروره بين الارض والشمس يكاد يكون على

خط مستقيم فاذا فرضنا ان القمر والشمس كرتان فاننا نرى مخروطة واحدة مستديرة
 محتوية على الكوكبين المذكورين ويعين في السماء عند النطل المنعكس بالقمر
 وكلما مكنت الارض تمامها خارج هذا المخروط الممثل فان الشمس لا تنكسف
 بخلاف ما اذا دخل جزء منها في المخروط المذكور فان هذا الجزء يمنع عنه ضوء
 الشمس وتنكسف الشمس بالقمر وهذا هو المسمى بالكسوف واذا عيننا
 في كل لحظة من مدة الكسوف وضع كل من الكواكب الثلاثة على حدة
 وتقاطع سطح الارض مع المخروط المحتوي على الشمس والقمر فان هذا
 التقاطع بين على الارض مسافة ما ويلحق الاماكن التي في هذه المسافة
 الكسوف الكلي في الحالة المذكورة وبالجمله اذا رسمنا جميع التقاطعات
 المفروضة في الاوقات المختلفة التي يستغرقها كسوف واحد فان النقط التي
 تكون خارجة عن تلك التقاطعات المتنوعة لا يحصل لها الكسوف الكلي
 واما النقط الاخر فانه يحصل لها ذلك ويمكث مدة طويلة او قصيرة وبهذه
 الطريقة يؤخذ من الهندسة جميع الاحوال التي يحصل فيها كسوف الشمس
 وتعين بهما مع السهولة الاحوال التي يخسف فيها القمر

فاذا كان مخروط قائم مستديري ينكسف سطح الارض والشمس معا فانه ان دخل
 القمر في المخروط الممثل المنعكس بالارض حصل للقمر خسوف وان دخل
 القمر بتمامه في المخروط كان ذلك هو الكسوف الكلي واما اذا لم يدخل في ذلك
 المخروط الاجزاء من القمر فان ذلك يكون خسوفا جزئيا وفي هذه الصورة
 الاخيرة نعرف في اي زمن فرضناه شكل الكسوف ومقداره بتحديد تقاطع
 المخاريط المحيطة بالشمس والارض مع سطح القمر

واذا فرضنا جسما حيثما اتفق ومدنا عليه كجسم في شأن الشمس اشعة نظرية
 مماسة له فان هذه الاشعة تعين على هذا الجسم حد النقط التي يمكن مشاهدتها
 وهذا ما يسمى بالمحيط الظاهري للجسم الذي فرضناه

وفي التصوير يرسم على سطح اللوح المحيطات الظاهرية لاي جسم كان وهذا
 هو تقاطع ذلك السطح مع سطح المخروط الذي اضلاعه مماسة للجسم المذكور

ورأسه موضوعة في مركز النظر فاذن تكون معرفة المخاريط المحيطة
بالاجسام لازمة لزوما ضروريا في تصوير الاجسام المنتهية بخطوط
مستقيمة

ومتى اضاءت كرة منيرة مثل وا ب (شكل ١٩) على كرة اخرى مظلمة
مثل وا ب امكن ان تتصورا ولا مخروطا مثل ص ا ا ب -
يكتنف الكرتين معا ويرسم على كرة وا ب فخط الانفصال الذي بين الظل
والنور ويمكن ايضا ان تتصور مخروطا ثانيا مثل م د ط م ن موضوعا
بين الكرتين المذكورتين فتكون مسافة س ب م ن المنحصرة في هذا
المخروط الذي فوق الكرة الواقع عليها الضوء مشرقة على الكرة المنيرة بتمامها
غير انه لا يمكن ان نشاهد من كل نقطة من مسافة ا م ن ب الاجزاء
واحدة من الكرة المضيئة فاذن يكون هنالك ظل جزئى ويسمى عند ارباب هذا
الفن بالاسم المذكور فاذا اريد رسم ظل عترة اجسام مع الدقة لزم ان يبين مع
غاية الاهتمام الظلال وما استضاء منها من الظلال الجزئية ويتوصل الى ذلك
بطرق تشبه الطرق التي ذكرناها آنفا

فلولم يكن سطح ا و و ا و ب متشابهين لما يمكن ان المخروط الواحد
يحيط بهما معا على وجه التماس بل يكون سطحان متشرا يمكن رسمه بان يفرض
ان اى مستوي يكتسهما للسطحين المذكورين معا ويرسم مع التعاقب جميع
الاضلاع الملائمة لذلك ونصل في كل وضع بالخط المستقيم النقطتين اللتين يكون
فيهما المستوى مماسا للسطحين فيحدث عن مجموع هذه الخطوط المستقيمة سطح
منتشر د ك يكون فاصلا بين الظل والنور من الظلال واجزائها المنتهية على
ما يقتضيه وضع الظل خارج الجسم المنير والجسم الواقع عليه الضوء او مروره
بينهما ولقد تم أسفت على كون ما اودعته في هذا الكتاب المختصر من الحدود
والمبادئ يمنع من التطويل في الكلام على هذه الخواص المستحسنة المتعلقة
بالسطوح المنتشرة

واذا اريد تحصين اى ثغر فانه ينبغي تحصين خارجه بحيث لا يمكن في مسافة

مرمى المدفع ان ترمى مع الاستقامة جسما من الاجسام المعدة للرمية فوق
بسطة الحصون التي عليها المحافظون فتصور سطحها منتشرا مما سالشاهق
الحصن ولرأس الارض التي تكثف الثغرة بقدر مرمى المدفع وينبغي ان لا يقطع
السطح المنتشر بالكلية الارض التي فيها المحافظون ولا السطح المرتفع عن
الارض بقدر قامة الانسان المعتادة فاذا وفي بهذا الشرط فان داخل الثغر
يسمى سردابا ومضيقا ولهذا سميت القواعد الهندسية المستعملة للتوصل الى
هذه النتيجة بقواعد عمل المضيق

ويكثر استعمال الخاريط المكشوفة في الفنون لتحديد اشكال الاجسام فان صانع
القباقيب يستعمل نصاله مستقيمة حادة مشدودة من احد طرفيها بنقطة
ثابتة ومن الطرف الاخرها قبضة يقبض عليها بيده اليمنى ويحكم بيده
اليسرى وضع قطعة الخشب التي يريد صنعها ثم يقطعها بالآلة المذكورة فينشأ
عن هذا القطع في كل مرة سطح مخروطي مماس للقبقاب في جميع امتداد خط
منحن وينتج عن مجموع هذه الخطوط المنحنية المقطوعة بهذا الوجه عين سطح
القبقاب وهو السطح الذي يكثف جميع الخاريط المرسومة بالآلة
المذكورة .

واذا اراد الخراط صناعة جسم على صورة سطح دوران فانه يأخذ اولاً
آلة قليلة العرض ليصنع بها قطوعا تسكادان تصل الى محيط هذا السطح ثم يأخذ
مقراضا مستويا متسعاً ويجعله في اتجاه مماس للمحيط الذي يكون للسطح
المذكور فكما يضع المقراض في محل يرسم بواسطة مخروط او يحدث عن مجموع
هذه المخاريط المصنوعة ينقل الآلة قليلا قليلا واتجاهها عدة مناطق
مخروطية مماسة لسطح الدوران في سائر جهاته وتلك المناطق مظلوفة
في المخاريط وفاشئة عنها

وقد تكون جلب البراميل والمصواري المجتمعة مخاريط مماسة لسطوح الدوران
المستعملة في الصواري والبراميل

ومن الطرق المتنوعة المستعملة في رسم السطوح ما يزيد في استطالة اي جهة

من الجهات وزاياتها على اصلها قليلا او كثيرا فتقل منفعتها او تكثر على حسب ما تقتضيه ضرورة نتائج الصناعة .

ولنتكلم الآن على السطوح المكنفة التي يمكن صنعها بثني بعض خطوط توصل بها السطوح المراد جعلها مكنفة فنقول .

لنفرض خطا غير قابل للامتداد يدل على محور اسطوانة او مخروط مستدير او غير ذلك من سطوح الدوران ولنفرض ايضا ان المطلوب ربط مركز اى كرة بهذا الخيط يكتفها اسطوانة على وجه التماس او مخروط او غيره من سطوح الدوران ثم نثني الخيط المذكور على حسب خط فحن فلا يكون السطح المكنف لجميع الاكر على شكل اسطوانى ولا مخروطى ولا اى سطح دوران كان وانما يكون سطحاً مركباً من جملة دوائر وكل واحدة منها تكون مشتركة بين الاكر والسطح المكنف .

ومتى انثنى محورا لاسطوانة كان السطح المكنف مصنوعاً من جملة دوائر مساوية للآثر الكبرى من الاكر المتساوية التى كانت في مبدأ الامر محاطة بالاسطوانة المذكورة ثم ان مستوى هذه الدوائر كلها عمودى على المنحنى الحادث عن المحور المنثنى ومركزها موضوع على هذا المحور .

ثم ان اعوجاج الالمبق هو من قبيل السطوح المكنفة يتكون اولا من انثناء محورا لاسطوانة على حسب محيط شكل حلزوني اسطوانى وثانياً من غلاف جميع الاكر المتساوية التى مراكزها موضوع على هذا المحور .

وكذلك القبوة المستديرة من السلام الدائرة المنعطفة تكون غلافاً للاكر المتساوية التى مراكزها على محيط شكل حلزوني تكون درجه مساوية لدرج السلم .

وعند برم الحبال ذات البتوت الثلاثة التى كل بت منها على حدة يكون ايضا البرم غلافاً للمسافة المقطوعة بالكرات التى مراكزها تابع للنقط الحلزونية المرسومة في وسط البت .

ومن دود الخريز وغيره من الهوام ما هو متركب من حلقات قصيرة شكلها

أسطوانى ومفاصله تنكمش وتنسبط على حسب ارادته وعندئذ تنبني هذه الهوام
يتراى ان جسد ها لا يبقى على صورة واحدة ومع ذلك فلا بد ان يكون على صورة
سطح من السطوح التى نحن بصدد ها

واذا نبني محور الاسطوانة القائمة المستديرة على حسب دائرة انقلب الى سطح
دوران وهو السطح الخلقى الذى تقدم ذكره فى الدرس الحادى عشر وذكرا
مستطيه وكيفية رسمه

والسطوح المحيطية بكرة نصف قطرها واحد لا يتغير خاصية وهى انه اذا قطعت
اجزاؤها كل على حدة بسطح مستو عمودى على المنحنى الذى هو محل مراكز
الأكبر حدث عن ذلك شيئا نأخذ هما ان المستوى يكون من سائر جهاته عمودا
على الغلاف والثانى ان القطع يكون متحد القدر لانه هو الدائرة الكبرى للذكر
المساوية

واذا اريد تسير مقدار من الماء فى قناة ذات قطوع مستديرة لزم ان يكون قطع
القناة واحدا من جميع جهاته اذا اريد سيره على حركة واحدة فى جميع اتجاهه
بحيث لا يعترضها اختناق ولا توقف فى اى مكان كان وينبغي حينئذ ان يكون
سطح القناة المذكورة مغلا فالكرة التى نصف قطرها ثابت وينبغي ايضا ان يكون
قطع القنوات المعدة لجرى المياه على شكل منحنى او مضلع مسطوحه ثابت
لا يتغير وكذلك ينبغي لاجل انتظام ذلك وسهولة العملية ابقاء القطع على شكل
واحد ما عدا الاماكن التى يتعذر فيها ذلك لوجود مانع لا يمكن ازالته

ويسند كفى الكلام على مراكز الثقل فى الجلد الثانى (عند ذكر الآلات)
طريقة سهلة فى تحديد حجم الاجسام والابعاد المحددة بسطوح القنوات التى
بينا حدها قريبا وانما نذكر هنا طريقة مختصرة سهلة المأخذ مضبوطة كثيرة
الاستعمال فى الفنون فنقول

قد يصنع الحداد والمرصصان وصانع الزجاج وه سائر الفرفورى والنحاس من
محصولات صنائعهم اشياء كثيرة على شكل سطوح القنوات فانهم يصنعون
اولا مناشيرا واسطوانات مهيئة او مجوفة ويجعلون لها نوع انعطاف وغرضهم

من ذلك ان تبقى الاجسام التي يثنونها بهذه الكيفية على شكلها الثابت الذي عليه القطوع المعترضة

ومن هذا القبيل الذي نحن بصدده الابزيمات والخلقات والاطواق المتخذة من الحديد والنحاس وغير ذلك وبريمات السدادات والبيات التي على شكل حلزوني والقصبات الملتفة لفاسنجيا والانايب وزجاجات البارومتر واوردة الاجسام البشرية

وقد ذكرنا في الكلام على تقاطع السطوح انه يمكن رسم السطوح المضاعفة الانحناء بالحلقات والخرجات الاسطوانية او المخروطية كجذع الاعمدة مثلا وانما ينشأ عن هذه الطريقة في السطوح القنوية خلل وهو ان جهة الطول تكون غير متصلة ببعضها وان القطوع في الجهة المعترضة تكون غير ثابتة

وهناك مدن يصنع فيها السمك كرية والنحاسون الصقائح المعدنية صناعة مخصوصة فيجعلون لها انحناء مضاعفا ويبقون قطعها على انتظامه واستمراره في جميع اجزائه وسمك كرية مدينة ليون في هذا المعنى امهر من سمك كرية مدينة باريس

ثم ان مهندسي القناطر والجسور لهم في رسم الاجزاء المنحنية من قنواتهم قواعد هندسية مخصوصة والقصد منها ابقاء التقاطع على شكله الثابت وجعل صورة الاشياء التي يرسمونها عودية من جميع الجهات على سطح القناة

وعوضا عن ان نفرض ان سطح الجسم الثابت يقطع بعض مسافات يطلب البحث عن غلافها نفرض ان السطح المتحرك يتغير مقداره بدون تغير شكله

والاسهل في ذلك الكرة التي تكلمنا عليها في (شكل ١٦) لان نصف قطرها يتغير بخلاف مركزها فانه يقطع خطا مستقيما وقد تقدم لنا ان الغلاف هو سطح دوران وان كل كرة يحيط بها سطح الدوران المذكور على محاسب اي دائرة لان هذه الدائرة متوازية ويحدث عن تعدد الدوائر المتوازية سطح الدوران

ولنفرض الان ان مركز هذه الكرة ثابتة على محور سطح الدوران فنحن هذا

المحور على حسب خط منحني ايا ما كان فيختلف عظم الغلاف الذي حدث في الاكر باختلاف نفس الاكر المذكورة. الا انه يحس ويحيط دائرته على حسب الدائرة وفي الكائنات كثير من نوع هذه السطوح

فان الثعبان اذا امتد على الاستقامة كان شكله سطح دوران شبيه بسطح المخروط الممتد وكما تاتي عرض لسطح جسمه شكل جديد ومع ذلك فيحدث عنه دائرته غلاف بجملة من الاكر التي يمكن للانسان ان يتصور انها محاطة على وجه التماس بسطح جلده

ولما كان شكل الثعبان له تشنات وتعريجات قلده ارباب الفنون حيث جعلوا على شكله آلة المويسقي التي تسمى بالسربان (شكل ١٧) والنفير (شكل ١٨) ونفير الصيد (شكل ٢١) وبريمات السدادات وغيرها فاذا فرض ان الثعبان ينثني على شكل حلزوني بحيث يكون ذنبه مركزا كما في (شكل ٢٠) كان سطح جلده مشابها لسطح كثير من الصدف على اختلاف انواعه

ثم ان اغلب اطراف قرون الحيوانات على شكل سطح من السطوح المذكورة (شكل ٢٢)

وقد جعل ارباب الفنون على شكلها جملة من آلات المويسقي كنفير الجيوش الخفيفة فان سطحها من هذا النوع وكذلك بوق انعكاس الصوت فانه ايضا على هذا الشكل

ولا جل صناعة آلات الالحان التي نغماتها جامعة بين الدقة واللطافة يلزم ان يكون سطحها المنحني مبتدأ ومتناسقا وعليه فيجب ان ينتخب لصناعتها طرق تبقى هذا التناسق في جهة الطول التي يوجهها يندفع الهواء في الآلة وفي الجهة المعترفة التي يكون القطع فيها دائرته مستديرا

وقد نستعمل الطرق المتنوعة التي ذكرناها في عمل جملة من السطوح لمعرفة صحيح الطرق المستعملة عند صناعت الآلات السابقة من فاسدها وتبديلها في الغالب بطرق أخرى اصح واضبط منها

(بيان اجراء عملية الصقل والجلي وغير ذلك)

لا يكفي ان تقتصر في الفنون على ان تحصل بواسطة الطرق البديعة صحة الاشكال سواء بلغت الغاية اولا بل ينبغي ان العطوح المصنوعة بهذه الطرق ولو كان الغرض منها مجرد سرور الناظر تكون متناسقة مصقولة بحيث يكون انتظام ذلك ورواقته مستلزما لزيادة قيمة محصولات الصناعة ومن ثم ظهرت العمليات الاخيرة المستعملة في جملة من الفنون للصقل والجلي وغير ذلك ولهذه العمليات عند اجرائها حركات يرسم فيها الجسم الصاقل سطوحاً مماسة للجسم المراد صقله بحيث يكون الجسم الاخر غلافاً للمساكات المقطوعة بالجسم الاول

واذا اقتضى الحال جلاء مسورة بندقة فانتاضع قطعة خشب مستوية جيدة الصقل مماسة للمخروط الناقص الذي هو عبارة عن ظاهر البندقة ونديرها على حسب اتجاه اول ضلع من المخروط فتكون حينئذ المسافة المقطوعة هي المستوى المماس للمخروط وتكرر هذه العملية في سائر اضلاع المخروط يكون ذلك المخروط غلافاً لجميع المستويات المماسية فاذن يتم جلاء البندقة

ولاجل صقل الكرة نضعها في اسطوانة بحيث يمكن تقديمها وتأخيرها وتقليبها على سائر جهاتها ولا مانع من وضعها على دولاب يترمحوره بمركزها ثم نديرها تحت آلة صقل مستوية نوضع تدريجاً في مواضع مختلفة مماسة لهذا السطح فهذه الكيفية نصقل الكرة بواسطة المخاريط التي غلافها تلك الكرة

ونصقل المرآة الكبيرة بمسحها بسطوح يكون مستويها المماس في جميع اوضاعها هو المستوى المراد صقله ومن هذا القبيل انواع الزجاج المستوية والكروية المستعملة عند صناعات آلات النظر في عمل آلاتهم

واذا مسح فجار السفن واصلح بقدمه جانب السفينة فانه يزيل كل ما ضرب به هذه الآلة الخشب الزائد على حسب شكل سطح دوران مماس للسطح المراد تصليحه اعني سطح السفينة المصقول ويكون هذا السطح في الحقيقة غلافاً لسطوح الدوران الحادثة من ضرب القدم

واعلم ان ما ذكرته لك وان كان موجزا مختصرا جدا الا انه يكفي ارباب الفنون ان يستنبطوا منه ان الاشكال الهندسية التي تميز الخطوط من السطوح يطبق عليها بدون واسطة العمليات المتنوعة المهمة في اغلب الفنون وانه لعدم التفاتنا الى اشكال المحصولات الطبيعية والصناعية لم نشاهد فيها الاشكال الهندسية وخواصها وطرق الرسم واجراء العملية التي تنتج عن هذه الخواص التي لا تخلو عن مدلول

ومتى التفت الصانع بالكلية الى تلك الفائدة الناشئة عن النظر في صور الاجسام تفرغ لمعرفتها ودأبهم على تذكرها بحيث لا يمكنه تركها واهمالها فعند ذلك يعتنى بالبحث عن محصولات صنعته كما يعتنى الطبيعي بالاشياء الطبيعية وما احتوت عليه و يلتفت إليها التفاتا كليا فيعرف النسبة بين ما عرض عليه من الاشياء الجديدة وبين ما يثلها من الاشياء المعروفة عنده من قبل ويعرف ايضا ما بينهما من الاختلاف الذي يعينه على التمييز بين انواعها وافرادها وهذا التفرغ والالتفات ليس مقصورا على مجرد ميل النفس وتولعها بذلك بل يترتب عليه نتائج مهمة جدا تكمل بها الصناعة ويمكن الاخبار بوفوعها قبل اوانها

ولا يمكن الوصول في اي فن من الفنون الى غاية الكمال الا بالمداومة على ممارسة قواعد الرسم الهندسي الصحيحة فعلى ارباب الصنائع ان يبذلوا جهدهم في معرفة طرق الرسم المبينة في كتب الهندسة الوصفية فيصلون بها الى معرفة براهين الخواص المفيدة التي لم انعرض في كتابي هذا الا ذكر رؤس مسائلها وهل ينكر انه لو لم تنتشر معرفة الهندسة الوصفية ورسم الخطوط في فوريقات الافرنج وورشهم لبقيت صنائعهم على حالتها الاصلية ولم تتسع دائرتهم ولم تصل الى هذه الدرجة التي هي عليها الآن

(الدرس الخامس عشر)

في بيان انحاء الخطوط والسطوح

اذ افرض اننا نسير على خط منحنا ناظرين دائما الى اتجاه الخط المماس لهذا

المنحنى بالنظر للنقطة التي يكون فيها الانسان فانه لا يكفي ان نستمر على السير الى جهة الامام بل يلزم الانعطاف في كل وقت جهة الخط الداخلي من الخط الواقع عليه السير فاذن يكون انحناء هذا الخط مناسباً لمقدار الانعطاف المنقسم في كل مسافة صغيرة تم عبورها .

واذا سرنا على الدائرة لاجل قطع اقواس متساوية فانه ينبغي الانعطاف بمقادير متساوية فاذن يكون انحناء الدائرة على حالة واحدة في جميع اجزائها

واذا سرنا بالتوالي حول دائرتين غير متساويتين (شكل ١) وكان نصف قطرهما R و r كان R 14 و r 3 \times 2 هو مساحة محيط الدائرة الكبرى وكان R 14 و r 3 \times 4 هو مساحة محيط الدائرة الصغرى الا انه اذا قطعنا دائرتيهما و سرنا دائرتيهما حول محيطها فان مقدار الدور

يكون 360° فاذن تكون النسبة بين انحنائيهما R و r للدائرتين

$$\text{كنسبة } \frac{360}{R \times 14} : \frac{360}{r \times 3} \text{ او } :: \frac{1}{R} : \frac{1}{r}$$

فلذا كان محيط الدائرة الصغرى (شكل ١) هو اكبر انحناء من محيط الدائرة الكبرى بالنسبة المنعكسة بين نصف القطر الا صغرو نصف القطر الا كبر فاذن تكون النسبة بين انحنائيهما للدائرتين كنسبة نصفي قطريهما المنعكسة فمن ثم كان كلما كبر نصف القطر صغر انحناء الدائرة حتى يصير غير محسوس * (بيان اجراء العملية في انحناء الارض) *

حيث ان نصف قطر الارض يزيد على ستة ملايين من الامتار كانت دائرتيهما الكبرى اقل في الانحناء بنحو مليون من دائرتيهما نصف قطرهما ستة امتار وتكون ايضا اقل بثمانية ملايين من دائرتيهما كعجلة عربية فلذا ترى انحناءها غير محسوس في المسافات الصغيرة ولا يمكن ادراكه الا في البحار والسهول الواسعة

ثم ان معرفة انحناء الارض يتوصل به القياس بارتفاع الجبال والسواحل على وجه التقريب اذا علمت المسافة بين هذه الاماكن والنقطة التي يكون فيها الراصد

ولنفرض مثلاً ان AB هو نصف قطر الارض وان CD (شكل ٢)

هو الجبل الذي رأسه هـ تغيب عن عين الراصد المنتقل منها الى نقطة ب
 فقي علمنا مسافة ب ث بنصف قطر ا ث د امكن معرفة قياس
 مسافة ث د فاذا كانت زاوية ا ب ث صغيرة جدا كالقوس
ب ث مساويا على وجه التقريب الكلى للعمود النازل من نقطة ب
 على ا د وينتج هذا التناسب وهو

$$\frac{ا ب}{ب ث} = \frac{ب ث}{ث د}$$

اعني ان نسبة نصف قطر الارض الى مسافة ب ث التي بين الجبل
 والنقطة التي فيها الراصد كنسبة هذه المسافة الى ارتفاع ث د من الجبل
 وبناء على ذلك يكون $\frac{ب ث}{ا ب} = \frac{ث د}{ب ث}$

ومتي عرف البحارة بطريقة على عكس الطريقة السابقة ارتفاع ث د
 الذي هو ارتفاع صار من صوارث السفينة أو اي جزء منها عرفوا مسافة
ب ث التي بينهم وبين هذه السفينة ومثل ذلك مهم جدا في مدة الحرب
 فقد ذكرنا اننا ان نصف قطر الدائرة هو مقياس انحناء محيطها ونذكر هنا
 انه يستعمل ايضا لقياس انحناء الخطوط المنحنية فان قياسه بواسطة الخطوط
 المستقيمة من ابداع المخترعات الهندسية لما في ذلك من الايجاز في العمليات الخاصة
 بالانحناء فنقول

اذا فرض ان خطا منحنيا كخط ا ا ز (شكل ٣) هو المراد معرفة
 انحناءه فالتناؤاخذ نقطة المتجاورة جدا ثلاثا ثلاثا ثم نرسم من ثلاث نقط
 متوالية مثل ا و ا دائرة ا ب ث التي يكون انحناءها
 كالانحناء خط ا ز المنحنى في قوس ا ا ز الصغير ويمكن اجراء هذه
 العملية في اي نقطة كانت ولنبين بهذه الطريقة الدوائر التي يكون انحناءها
 كالانحناء الخط المنحنى في سائر نقطها وانصاف اقطارها فنقول

كل دائرة مثل ا ب ث كان انحناءها في نقطة ا كالانحناء خط ا ز
 تسمى دائرة مماسة تقر ببيتة من هذا الخط المنحنى ونصف قطرها هو نصف قطر

الانحناء ومركزها مركزه

وحيث ان نصف القطر $\overline{عود}$ على محيط الدائرة في نقطة $\overline{أ}$ وليس هنالك فرق بين محيطها في نقطة $\overline{أ}$ و $\overline{أ'}$ و $\overline{أ''}$ ومحيط المنحنى فانه ينتج من ذلك ان نصف قطر الانحناء $\overline{عود}$ على المنحنى وانه مقياس انحنائه .

ولنفرض اننا مددنا من نقط مختلفة كنقط $\overline{أ}$ و $\overline{أ'}$ و $\overline{أ''}$ (شكل ٤) الشديدة القرب من بعضها خطوطا $\overline{عود}$ على منحنى $\overline{أز}$ واخذنا طول $\overline{كطول أ}$ و لنصف قطر الانحناء في نقطة $\overline{أ}$ وطولا آخر $\overline{كطول أ'}$ لنصف قطر المنحنى في نقطة $\overline{أ'}$ وطولا ثالثا $\overline{كطول أ''}$ لنصف قطر الانحناء في نقطة $\overline{أ''}$ وهكذا فيث ان نقطتي $\overline{أ}$ و $\overline{أ'}$ على قوس الدائرة التي مركزها نقطة $\overline{و}$ ينتج ان $\overline{وا} = \overline{وا'}$ ولذلك ينتج ايضا ان $\overline{وا} = \overline{وا'}$ وان $\overline{وا} = \overline{وا'}$ وهم جوا .

واذا ثبتنا في نقطة $\overline{أ}$ التي هي نهاية خيط غير قابل للامتداد وشدنا هذا الخيط على حسب اتجاه $\overline{أو}$ وعلى حسب المحيط المقروض بنقط $\overline{و}$ و $\overline{و'}$ والخ التي هي مركز انحناء $\overline{أز}$ ثم قربنا نقطة $\overline{أ}$ بشدة الخيط المذكور من غير ان يتجاوز طول $\overline{وو'}$ وهم جرافان جزء الخيط وهو $\overline{أو}$ يرسم قوس دائرة صغيرة مثل $\overline{أأ'}$ يكون تمامه على منحنى $\overline{أز}$ حيث ان مركزه هو مركز الانحناء وهو $\overline{و}$ من خط $\overline{أز}$ واولاه من نقطة $\overline{أ}$.

فاذا وصل هذا الخيط الى نقطة $\overline{أ}$ صار مشدودا مستقيما من $\overline{أ}$ الى $\overline{و}$ واذا قد منا نقطة $\overline{أ}$ لتزمن $\overline{أ}$ الى $\overline{أ'}$ فان الخيط المشدود شدا مستقيما من $\overline{و}$ يرسم قوس دائرة مثل $\overline{أأ'}$ يكون مركزه نقطة $\overline{و}$ فاذا مررت ايضا نقطة مثل $\overline{أ}$ من $\overline{أ}$ الى $\overline{أ'}$ فانها تسمى قوس $\overline{أأ'}$ يكون مركزه في نقطة $\overline{و}$ وهكذا .

فعلى ذلك اذا عرفنا جهة تقط شديدة القرب من بعضها كنقط $\overline{و}$ و $\overline{و'}$ والخ التي هي مراكز انحناء خط $\overline{أز}$ فانه يمكن ان نرسم بالسهولة منحنى $\overline{أز}$

رفعه وتنزله فتقول

لاجل ذلك نضع عمودا اسطوانيا اقيا مثل $\overline{ث}$ يمس على وجه التماس مبيته بارزة مثل $\overline{د ه}$ اسفلها على صورة خط مستقيم متصل بمركز العمود عند نزول المدق الى نقطته السفلى (شكل ٦)

ونعين على محيط العمود قوس $\overline{و ح}$ $\overline{ز}$ من خط الانتشار لمحيط $\overline{و و و}$ للآلة المستعملة قاعدة للعمود

فاذا دار هذا العمود فان نقطة $\overline{و}$ تصل من مبداء الامر الى الوضع الذي كانت تشغله نقطة $\overline{و}$ وفي هذه الصورة يكون مماسه $\overline{و ح}$ من الدائرة قائما (شكل ٧) فاذن ينبغي ان مبيته $\overline{ه د}$ التي تجذب معها المدق ترتفع ارتفاعا مساويا لارتفاع $\overline{و ح}$ فاذا استمر العمود على دورانه فان نقطة $\overline{و}$ تصل لموضع $\overline{و}$ الاصلى وحينئذ ترتفع المبيته والمدق ارتفاعا يساوى $\overline{و ح}$ وبالجملة فياستمرار العمود على الدوران تصل نقطة $\overline{و}$ للموضع الاصلى من نقطة $\overline{و}$ (شكل ٨) ويصير $\overline{و ر}$ قائما فاذا انعدم ما يحجز المبيته انقطع دفعها للمدق عن السقوط لثقله فتقطع حركته حتى ينتهي دوران العجلة ثم ترفع المدق ثانيا

وقائدة هذه الحركة كونها تحصل بدون اضطراب وتستمر على قوتها كما سيأتى في الميكانيكة وقد كلمنا في الدرس الثالث عشر على المنحني المسمى بالقطع الناقص الذي له مدخلية كبيرة في العمليات وحيث ان هذا المنحني وهو $\overline{ا ب ث}$ (شكل ٩) متماثل المحورين فان خط انتشاره وهو $\overline{د ه ف}$ يكون ايضا متماثلا بالنسبة للمحورين المذكورين ثم ان اكبر انحناء القطع الناقص يكون في نهاية محوره الاكبر واصغر انحنائه يكون في نهاية محوره الاصغر

واذا اردنا رسم قطع ناقص كبير (شكل ٩) يكون ممتدا ومتواصلا امكن ان نرسم الخط المنتشر وهو $\overline{د ه ف}$ ونرسم ايضا $\overline{ا ب ث}$ بواسطة خيط ايا ما كان او بشاقول ينثنى تارة على حسب $\overline{د ه}$ وتارة على حسب

هـ

ومن المهم ان تذكر لك انه ولورسمنا مع منتشر **د هـ ف** شكلا مضلعا اى
عدة خطوط ينشأ عنها عدة زوايا فان منحنى **ا ب ث** لا يرى في سائر
جهااته جزء مستقيم ولا زاوية وانما يكون له شعبتان لا يوجدان في خط
د هـ ف ويكون للمحنى الذى خط انتشاره **ا ب ث** اتصال اكبر من
المحنى المذكور لان انصاف اقطار انحنائه تزيد وتنقص على التساوي
ولو تعاقبت انصاف اقطار منحنى **ا ب ث** بدون اتصال كما في رسم المنحنى
المسمى باذن القفة راجع الدرس الرابع (شكل ٣٦)
فن هنا تعلم ان الاتصال على انواع مختلفة لا بأس بايرادها هنا فنقول

اولا يمكن رسم خط منحنى (شكل ١٠) بواسطة عدة نقط منفردة قريبة من
بعضها جدا كالخطوط المتقطعة التى تستعمل في الرسم وكالاتجاهات المعينة
بصفوف اشجار مغروسة على ابعاد مختلفة الطول بموجب الخطوط المستقيمة
او المنحنية التى يتصورها الانسان مع السهولة اذا كان لهذه الخطوط المنحنية نوع
اتصال غير ان الاتصال هنا يدلى عليه عدة نقط كما يرمز اليه بالارقام في الجداول
التي يعرف بها وضع حلة تقط لخط منحنى ومثال ذلك رسم قارين السفن

ثانيا يمكن ان نرسم خطا منحنيا بواسطة عدة خطوط مستقيمة تكون اوتارا
لهذا المنحنى مثل **ا ا ا** و **ا ا ا** و **ا ا ا** الخ (شكل ١١) او خطوطا
مماسية مثل **ا ا ا** الخ (شكل ١٢) وفي هذه الصورة الثانية يكون
في تعاقب النقط اتصال لا يوجد في الاتجاه بحيث يتغير الاتجاه في كل
رأس مثل **ا** و **ا** و **ا** من الشكل المضلع تغيرا غير محسوس

ثالثا يمكن ان نبدل الخط المنحنى بعدد اقواس دوائر كما قواس **ا ا ا** و **ا ا ا** و **ا ا ا**
(شكل ٤) التى نصف قطر انحنائها يكون تقريبا عين نصف قطر الخط الذى
ابدل تلك الاقواس وفي هذه الصورة يكون في تعاقب النقط وفي اتجاهها
اتصال فاذا كانت الاقواس صغيرة جدا كان الاتصال في اتجاه الخط المنحنى
وفي انحنائه وعلى هذا الوجه يرسم المعمار جبهة الضورة الجانبية من القنوات

المنكسة كما تقدم وكذلك مهندسو القناطر والجسور في رسمهم لعيون القناطر الغير المستديرة

ثم ان الفنون بحسب اهمية عملياتها وما يلزم لها من الضبط الذي عليه مدار نجاحها لا بد فيها من استعمال هذا الاتصال على اختلاف درجاته في تركيبها وحركاتها على نظار المعامل والكرخانات ان يختاروا بحسب اللزوم والاقتضاء الطريقة الجامعة لشروط السهولة والاختصار والضبط التام

ولا بأس بذكر طريقة ميكانيكية يستعملها مهندسو السفن اذا ارادوا تجسيم اتصال الاتجاه والانحناء من الخطوط التي بواسطةها يتحدون ويعمرون شكل قارب السفن وحاصلها انهم يعينون النقط المنفردة التي يمر بها الخط المنحني ثم يضعون المسامير من جهتي النقط المذكورة على بعد بحيث يمكن ثني المسطرة الرقيقة ووضعها بين المسامير المزودة وبالجمله فينبغي ان يرسم بقلم الرصاص الخط المنحني المبين بطول المسطرة المثنية بحيث يمر بسائر النقط التي هي أ و أ الخ (شكل ١٣) ولا بد من ممارسة هذه العملية مرارا عديدة قبل اتمامها ليكون رسم الانحناء الخط من اوله الى آخره على وجه تدريجي غير محسوس بحيث يرى فيه قدر الاتصال الذي يعين على اضعاف المقاومة التي تحصل للمياه عند مرورها بطول القاربين وقت سير السفينة فعلى مهندس السفن ان يطايعوا الاشكال الهندسية فان لهم فيها فائدة عظيمة توصلهم الى هذا الغرض وتكسبهم اصاله الرأي وسرعة التمييز

ولا يلحق الا ان تستعمل طريقة رسم الصور الكبيرة في رسم الصور الصغيرة المنقولة على الورق بل تبدلت المساطر الكبيرة المتخذة من الخشب بمساطر صغيرة متخذة من ريش القبطس منها ما يكون سمكه واحدا ويستعمل في رسم الخطوط المنحنية التي انحناءها لا يتغير الا بمقدار قليل ومنها ما هو مرقق شيا فسيا في احد طرفيه او الطرفين جميعا ويستعمل في رسم اجزاء الخط المنحني الذي يتقص انحناءه كذلك شيا فسيا من طرف الى آخر ثم تنى هذه المساطر بحيث يمر محيطها بالنقط المعينة على المستوى لما انها نقط المنحني المطلوب الذي يرسم بقلم

وما يصنع على المسطرة المثنية على شكل خط مخن ولا جل سهولة
الرسم على الورق ابدلوا ايضا ما يرسم الصور الكبيرة الشبيهة بالصور التي
يرسمها مهندسو السفن في عنابر الجرياته وهي محيط القارين المنتصب بقطع
رصاص مصنوعة على شكل المثلث ومستورة بالورق او القماش كقطع ح
و ب ح و خ الخ (شكل ١٤)

ويستعمل غالباً الرسامون في رسم خطوط منحنية تمر بنقطة معلومة آلة يسمونها
طبخة لانها على شكلها المرموز له بهذه الحرف وهي **ا ب ث د ه**
(شكل ١٥) ولما كانت هذه الآلة متنوعة الانحناء امكن ان نضعها
في اغلب الصور بحيث ترسم بالتدريج شكلاً مجرداً عن الزوايا يكون انحناءه
متوالياً بدون أن يكون فيه خروج

والى الآن لم تكلم الا على انحناء الخطوط المرسومة في مستو واحد كالخطوط
التي تسمى بذات الانحناء المفرد ولكن هناك خطوط لا يمكن رسمها على مستو
واحد لازدواج انحنائها كالخطوط الحلزونية المرسومة على الاسطوانات
والمخاريط ونحو ذلك ولنتكلم عليها فنقول

اذا اريد رسم الخطوط ذات الانحناء المزدوج كذات الانحناء المفرد فلامنع
ان نأخذ انما النقط المتتالية بدون فاصل التي تتركب منها الخطوط المذكورة
ثلاثاً ثلاثاً ثم نمرّد آترة من كل ثلاث نقط تكون هذه الآترة هي دآترة المنحنى
المماسية تقرّيبية لساكن امتداد المسافة الصغيرة المنحصرة بين النقط الثلاثة واذا
اطلق السطح المماس التقرّيبى فالمراد به سطح الدآترة المماسية التقرّيبية ولا يمكن
ان تكون دآترة اخرى اقرب من ذلك الى المنحنى المزدوج الانحناء وذلك من مبدء
المسافة المعتبرة * وبواسطة طريقة المستويات والدوائر المماسية التقرّيبية
يمكن لأرباب الفنون أن يرسموا باجتماع عدة اقواس دآترة متعادلة على
وجه التماس ساكن الخطوط المزدوجة الانحناء ويكون هذا الرسم على وجه
التقريب والاتصال التام

وهناك ملحوظات لطيفة جيدة في شأن انحناء الخطوط السابقة غير انها ليست

من المبادئ أساسا ولا تكثر مدخلاتها في عمليات الصناعة العادية فلا وجه ليرادها

واما انحناء السطوح فهو بعكس ذلك اعني انه متواتر جدا لا يستغنى عنه في عمليات الصناعة

(بيان انحناء الكرة)

الكرة هي سطح يسهل قياس انحنائه وبيانها * وذلك بان نأخذ على الكرة نقطة ما كنقطة A (شكل ١٦) ونعد من نقطة O المعتبرة مركزا نصف قطر OA فيكون نصف القطر المذكور قياسا لانحناء في نقطة A لساائر القطاعات الحادثة في الكرة عن مستو يشتمل على نصف قطر OA ويكون ايضا قياسا لانحناء الكرة وهو كما ترى انحناء ثابت في ساير جهات السطح وفي جميع نقطه فمن ثم ينتج ان كل نصف قطر كرة يكون نصف قطر انحنائها ونصف قطر القطاعات الحادثة عن مستو مشتمل على نصف القطر المذكور

ونصف قطر انحناء الاسطوانة القائمة المستديرة بالنظر لقاعدتها هو عين نصف قطر الكرة التي تكتنفها تلك الاسطوانة او تمسها بحسب محيط قاعدتها واما بالنظر لضلعها وهو AB (شكل ١٧) فلا انحناء لها باصلا بحيث اذا سئل عن طول نصف قطر الدائرة المماسية التقريبية للاسطوانة بالنظر لضلعها يجاب بانه غير متناه

ومن هذا القبيل المخروط القائم المستدير فان نصف قطر انحنائه من جهة قاعدته هو نصف قطر الكرة التي يكتنفها بخلافه من جهة ضلعه فانه لا انحناء فيه

وبالجملة فبما في الاسطوانات والمخاريط على اختلاف انواعها وكذلك جميع السطوح المنتشرة ليس لها انحناء من جهة اضلاعها المستقيمة الزوايا بخلاف جهتها العمودية فلها انحناء متفاوت في الظهور

ويظهر لك من الاسطوانات والمخاريط ان مركز انحناء القطاعات الحادثة بواسطة نصف قطر OA من القاعدة (شكل ١٧ و ١٨) يكون في داخل

السطح المنحني فعلى ذلك تكون انصاف اقطار او و او و او و الخ
متجهة في جهة واحدة وموازية لبعضها في امتداد ضلع ا ا ا الخ ب
من السطوح المخروطية والاسطوانية

وايست السطوح المعوجة من هذا القبيل * مثلاً اذا نظرت الى السطح المعوج
من السلم رأيت فيه من جهة تجويف الانحناء الى اسفل ومن اخرى اعنى
الجهة العمودية الى اعلى

ثم ان ما يوجد في حلق طارة البكرة (شكل ١٩) من الانحناء القليل تراه
متجهاً في الجهة العمودية على محور الطارة ويكون مركز ذلك الانحناء موضوعاً
على نفس هذا المحور بخلاف ما في الجهة الموازية للمحور فان المركز العظيم
الانحناء من حلق الطارة يكون في نقطة د التي على بعد واحد من نقطتي
م و ح اللتين هما طرف حلق الطارة المبدئية

فمن هنا يظهر ان السطوح بالنظر لانحنائها على ثلاثة انواع
في النوع الاول يكون اتجاه الانحناء الخطوط التي يمكن رسمها على اي سطح كان
متجهاً في جهة واحدة ويدخل تحت هذا النوع الكرة والجسمات الناقصة
والسطوح انبساطية وما شبه ذلك

وليس في النوع الثاني الا جهة واحدة انحناءها ظاهراً واما الجهة الاخرى فهي
خالية عن الانحناء بالكلية ولا يدخل تحت هذا النوع الا السطوح المنتشرة
والاسطوانية والمخروطية وما شبهها

ويوجد في النوع الثالث جزؤ من الانحناء متجه في جهة والجزء الاخر في الجهة
المقابلة لها بحيث اذا مددنا من نقطة معلومة من السطح خطاً عمودياً على السطح
المذكور فانه يوجد على الخط العمودي المذكور من احدى جهتي السطح جزء
من مركز انحناء القطاع والجزء الاخر يوجد من الجهة الاخرى

وهذه الانواع المذكورة توجد في ظواهر الجسم البشري على اختلاف شكل
اجزائه فمن النوع الاول اشكال الاطراف البارزة عن البدن كالعقب والرضفة
والركبة والكتف واطراف الاصابع فان لكل منها انحناءين متجهين

في جهة واحدة

واما الفخذ والساق والذراع ففيها جزء لا انفخاء له في احدى جهاته فهو من النوع الثاني

ومن المشاهد ان مفاصل الاذرع والاصابع والابطال وما اشبهها وكذلك مربوط الرأس والجسم بالعنق وغير ذلك من قبيل النوع الثالث ذي الانفخاءين المتجهين في جهات متقابلة .

ثم ان صانعي التماثيل وارباب الرسم يتقربون واعتيادهم على رسم صور الاجسام البشرية وملاحظة انفخاء اجزائها المختلفة يظهر لهم فيها تفاوت دقيق فيقدر اجتهادهم في التوفيق بهذا التفاوت تكون صناعتهم مقبولة لدى ارباب المعارف فاذا سلموا في ذلك مسلك الضبط والجودة كانت صناعتهم بدیعة تروق الناظر وتعجب الخاطر والافرت منها تفويهم واستبشعوها

وانفخاء تلك الاجزاء المختلفة له تعلق وارتباط عظيم بشكل العظام والاعصاب والعضلات المكسوة بالجلد فيجب حينئذ على الرسام المتبحر في فنه أن يقف على حقيقة الاشكال التي يريد رسمها مع غاية الاهتمام بحيث يكون رسمه مبنيا لما استقر من اشكال الاجزاء الداخلية التي يمكن رؤيتها

وفي صناعة بعض المصورين خطأين وهو كونهم يجعلون بعض اجزاء سطح الجسم البشري بارزا جدا او منحنيانفخاء شديدا او محدبا تحديدا مفرطا لتكون الاشكال التشريحية على غاية من البيان مع انها في الواقع دقيقة لا يدركها النظر وما ذاك الا تصنع حلهم عليه التأنق والزخرفة ومثل هذا الامر لا يليق بكار الاساتيد

ثم ان سطح سيم الانسان لا يخضع لوعن تغير لطيف منوط بالتأثرات الباطنية دائمة كانت او قسية فاما الاولى فينشأ عنها في انفخاء الاجزاء المتغيرة بل وكذلك في منظر الاجزاء الثابتة اشكال تبقى زماما طويلا وتذكر دوائقها بدوام البحث ومن يد التأمل وذلك كهيات الوجه وسماءه واما التأثيرات الوقسية فينشأ عنها في تقاطيع الوجه تغير بين او غير بين فلذا كانت معرفته من اهم الامور في ممارسة

الفنون المستظرفة لكونه على انواع مختلفة يختار منها الاذكياء من ارباب الفراسة الاشكال المضبوطة التي هي بالنسبة لما يركبونه اتم من غيرها لياقة للاوصاف والاحوال من بشاشة وعيوس وغوص الفكر في الدقائق وسوء الطوية وهناك ميث آخر مستحدث يتعلق بشكل رأس الآدمي لا بأس بإبراده فنقول انه زيادة على ما في المنحآت أي الجمجمة الاصليين من الانتظام يرى في محال من جماجم بعض افراد من بين آدم تنحيات والمنحآت متنوعة بينة وغير بينة وهذه الاجزاء سواء كانت قليلة الانحناء والتحديد او كثيرة تعتبر كأنها علامات خارجية يستدل بها على قوة اهدال الانسان وضعفه وعلى ميله وطبيعته

وقد يسهل على من اطلع على هذا المبحث ان يكسوه ثوب الهزاء والاحتقار الا ان الفطن الباحث عن نواميس الطبيعة لا يبادر بالافراط في الذم او الممدح حيث ان هذا المبحث الجديد لا بد أن يسلك الانسان في مطالعته مسلك الحد ولوصح ان الانسان يتصدى للبحث عن كل شيء ويبين اسبابه لنشأ عن ذلك تكثير العلامات المقروضة لانواع الميل والقوى العقلية الا انه يكفي وجود عدة قليلة من نسب القوى العقلية تكون علامات متباعدة مختلفة عن بعضها قليلة وكثرة في شكل الجماجم لتصير دراسة اختلافات المنحيات في المباحث التي يشتغل بتحقيقها فكر العاقل

وللأجزاء المتنوعة التي يتألف منها هيكل الحيوانات حجم واشكال مستقيمة او منحنية تجعلها قابلة للحركة قليلة وكثرة وهذا موضوع علم جديد يقال له علم تشريح الحيوانات وهو علم تضبط ان شاء الله تعالى مباحثه ويكون ذلك بمقابلة الابعاد الاصلية من اجزاء هيكل الحيوانات على اقيسة هندسية وكذلك اتجاه المنحناء جزء من الهيكل المذكور لاشياء الاجزاء المتلاصقة أعني المفاصل

وكما ان هذا البحث الذي نحن بصدده يعين على التقدم في العلم المذكور يوجد فيه نتائج عظيمة يعود نفعها على اشغال الصناعة ثم ان الحيوانات عند قضاء شهوتها الطبيعية يصدر عنها عمليات على غاية من التمام لاتعلو الفنون والحرف على المتوسط منها فهي تسلك فيها على منوال الوسائط المتنوعة العجيبة التي اسندتها

الطبيعة للحيوانات الناطقة وغيرها

ثم ان اسنان الحيوانات التي غذاؤها الكلا منتظمة غاية الانتظام لاجل مضغ المواد النباتية وجرشها حتى ان شكل المنانم لا يغير به اختلاف اصلا مع دوام استعمالها في مضغ الغذاء بخلاف شكل اعجاز الطواحين فانه يلحقه الاختلال في اسرع وقت فن يضطر الانسان الى تجديد هذا الشكل غالباً وذلك بنحت الاعجاز وتقرها ليحسن الطحن بها ومن هنا يعلم ان نتائج الفنون والصناعة لا تساوى الاثار الطبيعية ثم ان الخواجه مولارد احد اعضاء جمعية العلماء بباريس اشتغل بصناعة آلات للجرش والمضغ وجعلها على صورة اضراس الخيل بحيث لا تحتاج الاضراس المذكورة الى الاصلاح الذي يدونه لا يكمل الجرش

فاذن تقتضى الصناعة نفسها ان المشرحين والمهندسين والميكانيكيين يجتهدون في معرفة ابعاد اجزاء الحيوانات المختلفة وانحنائها ووظائفها ولننتقل الان من الكلام على هذه الملحوظات العامة المتعلقة باهمية مباحث انحناء السطوح في الصناعة وفي التاريخ الطبيعى الى علم الحيوانات الى الكلام على الخواص الهندسية التي بها تسهل معرفة اصول هذه الانحناءات وتوقعها فنقول

يمكن ان نرسم بالنسبة الى سطوح النوع الاول قطعاً ناقصاً واقفاً بالتوازي على سطحه (شكل ٢٠) في $ABCD$ وهذا القطع الناقص من مبداء نقطة C يكون على صورة جزء من السطح المصنوع بالتوازي لمستوى AM المماس للسطح المذكور في نقطة B والمجاور لمستوى AN وحيث ان C و O هي المسافة بين نقطة C والمستوى القاطع وهو OM فانه اذا مررنا من نقطة C بجملة دوائر مركزها موضوعة على خط C و العمودي وكذلك من محيط القطع الناقص حدثت سائر الدوائر المماسية التقريبية للقطاعات المصنوعة في السطح بمستويات الدوائر المذكورة

ويمتاز صغر هذه الدوائر برأسي ب و د من المحور الصغير من القطع
 الناقص ويمتاز أكبرها برأسي ا و ث من المحور الكبير من القطع الناقص
 المذكور ويوجد في (شكل ٢٠) مكررة اثر الدوائر الواقعة على مستو
 واحد ما يعمود ح و ح الذي في (شكل ٢٠)
 فاذن ينتج انه في سطوح النوع الاول التي انحنأؤها على اتجاه واحد يكون
 اتجاه الانحناء الاكبر وهو ا ب عموديا على اتجاه الانحناء الاصغر
 وهو ث د

فعلى ذلك يكون اتجاه الانحناء الاكبر في جميع السطوح التي انحنأؤها في جهة
 واحدة من كل نقطة عمودا على اتجاه الانحناء الاصغر
 وحيث ان محيط القطع الناقص منتظم بالنسبة لمحوريه فان الدوائر المماسية
 التقريبية المارة بالمحيط المذكور وعمود ح و ح تكون ايضا متماثلة
 بالنسبة لمحوري ا ث و ب د اعني بالنسبة لاتجاهي كل من الانحناء
 الاكبر والاصغر

فعلى ذلك تكون الانحناءات الغير الاصلية من القطاعات العمودية على السطح
 وهي الانحناءات الاخذة في التناقص المستمر من الانحناء الاصغر الى الانحناء
 الاكبر موضوعة بالتماثل بالنظر لاتجاهي الانحناء الاكبر والاصغر وذلك
 بالانتقال من كل نقطة من نقط السطح المذكور

واما سطوح النوع الثالث فان المستوي الذي يقطعها قطعاً غير متناه بقرب
 المستوي المماس يحدث عنه قطاع في الشكل هو عين القطع الزائد ويحدث
 ايضا عن اتجاه محوري القطع الزائد المذكور اتجاه محوري الانحناء الاكبر
 والاصغر فتكون الانحناءات الغير الاصلية موضوعة بالتماثل بالنسبة لاتجاه
 المحورين المذكورين وشكل ٢١ يدل على القطاعين المصنوعين في ثقب
 البكرة التي انحنأ آهها متجهان في جهتين مختلفتين بمستويين موضوعين على
 القرب من مستوى م ن المماس في نقطة ح للثقب المذكور
 ويكون شكل القطاعين المذكورين كشكل قطعين زائدين مبيئين ولا بأس

ان يكون هذا الشكل محدبا

ويمكن اعتبار سطوح النوع الثاني كأنها حدد مشترك بين النوعين الآخرين
وحينئذ يثبت لها الخواص الموجودة في السطوح الاخر بمعنى ان اتجاهاتها
سواء كانت كثيرة الانحناء او قليلة تكون عمودية على بعضها في جميع الانحناءات
المتوسطة المنتظمة على وجه التماثل بالنسبة للانحناءات الأصلية

وقد اطلقنا قريبا لفظة مبينين على الخطوط المنحنية التي من خاصيتها تبين
حقيقة انحناء السطوح وتناسبها وذكرا طرق استعمالها في معرفة الخواص
اللازمة لانحناء السطوح

ولنفرض الآن انه كلما انتقل الانسان من اول نقطة من نقط اي سطح كان تقدم
على حسب اتجاه الانحناء الاكبر وبذلك يرسم خطا فتكون جميع الخطوط
المرسومة بهذا الوجه سائرة للسطح بتمامه ويحدث عنها مجموع خطوط الانحناء
الاكبر

ويقال في عكس ذلك انه كلما انتقل من نقطة مفروضة من نقط اي سطح كان
تقدم على حسب اتجاه الانحناء الاصغر وبذلك يرسم خطا فتكون الخطوط
المرسومة بهذه الكيفية سائرة للسطح بتمامه ويحدث عنها مجموع خطوط الانحناء
الاصغر

فينتج من ذلك ان خطوط الانحناء الاكبر عمودية على خطوط الانحناء
الاصغر

ولخطوط الانحناء خاصية نافعة جدا في الفنون نذكرها لك بدون برهنة فنقول
انه اذا مددنا من كل نقطة من نقط خط الانحناء عمودا على السطح فانه يحدث
عن هذه الاعمدة سطح يكون بالضرورة منتشرا

وفي اسطوانة (شكل ٢٢) تكون الخطوط الصغيرة الانحناء اضلاع قائمة
لانحناءاتها واما الخطوط الكبيرة لانحناءها فهي القطاعات المصنوعة بمستويات
عمودية على المحاور وتكون محيطات هذه القطاعات بالضرورة عمودية على ضلع
من اضلاعها فاذن تكون خطوط الانحناء الاكبر والاصغر في الاسطوانة على

شكل زاوية قائمة

وفي المخروط (شكل ٢٣) الذي اضلاعه عين خطوط الانحناء الاصغر
تتحصل خطوط انحنائه الاكبر بهذه الكيفية وهي ان نضع طرف البيكار على
رأس المخروط ثم نرسم في الطرف الاخر منه منحنيات متنوعة بقدر انقراجات
البيكار المختلفة بشرط أن تكون عمودية على الاضلاع لانه عند انتشار المخروط
تصير هذه المنحنيات دوائر تكون اضلاعها انصاف اقطار

وفي سطوح الدوران تكون دوائر انصاف النمار خطوط احد الانحناءتين
وتكون المتوازيات خطوط الانحناء الاخر ومن المقرر ان دوائر انصاف النمار
في جميع اتجاهها عمودية على المتوازيات السابقة

وقد اجاد المعلم منج الشير في تطبيق الخواص التي سبق سردها على عملية
قطع الاجزاء حيث قال اذا اريد تحت قبوات منحنية الشكل فان تلك
القبوات تقسم بالتناسب الى منازل صغيرة جدا بحيث يمكن اخراج كل منزل
منها من حجر واحد

وبعد عمل جزء الحجر الدال على المنزل الاول ونشكله بالشكل الذي يناسب سطح
القبوة تعمل الواجهة المسماة بالالتحامات التي على حدها تلتصق اجزاء العقد
بعضها ويوجب لاجل استيفاء الشروط اللازمة لذلك امر ان احدهما أن يكون
شكل اوجه الالتحام بسيطاً محكم الصناعة والثاني أن يكون مجموعها في غاية
من الصلابة الا ان هذا الامر الثاني يقتضي ان اوجه الالتحام تكون عمودية على
منحنى القبوة وكيفية ذلك سهلة وهي انه اذا حدثت زاوية منفرجة عن وجه
الانحام حجر العقد مع القبوة المذكورة فان حجر العقد المجاور لهذا الحجر يحدث عنه
مع القبوة المذكورة زاوية حادة وبسبب الضغط يهدم حجر العقد المنتهى بضع
منفرج حجر العقد المنتهى بضع حاد ويقتضيه اذا كان الضغط قويا او يقلقه
ويكسر ما اذا كان الضغط خفيفا ولاجل السهولة والاختصار في ذلك ينبغي عمل
الالتحامات مستوية او منتشرة فاذا اختير هذا الشكل امكن أن نصنع من
الورق او المقوى او نحو ذلك من الاجسام القابلة لذلك والانعطاف فر خامستويا

له محيط مضبوط بلام وجه الالتحام ويكفي تنبيه على وجه لائق لينظر هل ينطبق في سائر اجزائه على وجه الالتحام الذي يكون عموديا على القبوة بواسطة المسطرة المثلثية ام لا

وحيث ان الامر من السابقين يستلزمان ايجاد سطوح منتشرة عمودية على القبوة وعلى بعضها ايضا يستلزمان كذلك أن نجعل خطوط الانحناء سطح القبوة هي خطوط الالتحام

فعلى ذلك اذا رسمنا سطوحا سطوانية (شكل ٢٤) فالتا نتخب التحاماتها فننتخب في الاتجاه الاول الاضلاع المتوازية التي هي بعد واحد من بعضها وهي خطوط الانحناء الاصغر ومنتخب في الاتجاه الثاني الخطوط المنحنية العمودية على هذه الاضلاع وهي خطوط الانحناء الاكبر ثم ان سطوح الالتحام الماددة عن الخطوط العمودية من السطح بموجب الاضلاع او المنحنيات المذكورة هي سطوح مستوية تقاطع في زاوية قائمة وبذلك يكون شغل قطاع الاجزاء سهلا بقدر الامكان

واذا صنعنا سطوحا مخروطية (شكل ٢٥) كالأبواب والشبابيك الواسعة وطافات المدفع المقبية مثل طافات الحفر الارضية وغير ذلك فالتا نجعل خطوط التحامها اضلاع المخروط والمنحنيات العمودية على هذه الاضلاع

واذا اريد صناعة قبوة على شكل سطح دوران (شكل ٢٦) كقبوة مثلا فالتا نرسم على القبوة المذكورة طبقت منتظمة مركبة من دوائر عمودية ومن متوازيات فيحدث عن الخطوط العمودية على القبوة بموجب اتجاه دائرة عمودية مستويات وهذه المستويات هي خطوط الالتحامات المنتصبة لاجزاء العقد ويحدث عن الخطوط العمودية على القبوة بموجب اتجاه الخطوط المتوازية لشكال مخروطية وهي التحامات الجهة الاقمية وتكون تلك الالتحامات منتشرة لانها مقابلة لخطوط الانحناء وبالجملة فالالتحامات المخروطية تكون مقطوعة في زاوية قائمة بالالتحامات المستوية التي هي مستويات دوائر عمودية بالنظر للمعاريط

والى هنا تم ما اوردته للمؤلف منج من التطبيق السهل المفيد اصلا وفرعا
فلا شك انه جدير بأن يستفاد منه اهمية بحيث انحاء السطوح وخواصها
الاصلية فى الفنون والصنائع فمدخلية فيها وكذلك الفنون المستظرفة فله
فيها مدخلية عظيمة تعود عليها بالنفع

وذلك انه بتنوع الضوء والظلال نعرف بمجرد النظر النقط البارزة او المضيئة
وكذلك الاضلاع المبيضة والمحيطات الظاهرية التى تخصص صور الاجسام
بخواصها ونستعين فى الاجزاء التى ليس فيها نقطة متميزة ولا خط كذلك بانوار
الظل والضوء بيضاء كانت او غير بيضاء على تمييز صور الاجسام وجنسها ودرجة
انحنائها فى كل جزء من اجزاء سطحها

وليست منفعة هذا البحث مقصورة على ارباب الحرف بل تم ايضا اهل الصنائع
على اختلافها حيث يكتسبون منه معارف سهلة مضبوطة كاملة فى شأن
حقيقة شكل الاجسام التى يعنون بها لاجل حاجتهم او لمجرد التزاهة

ولنبين كيفية الوقوف على انحاء السطوح بالمشاهدة فنقول
لنفرض ان كرة **ا ب ث** مضيئة باشعة شمسية على اى اتجاه كان ولنبدأ
برسم خط اتصال الظل من الضوء وهو **ل ن** بمقتضى القواعد
المذكورة فى درس (١٤) ونبين الجزء الذى فى الظل بخطوط سود فيكون
الجزء المضيء هو **ل ن ب ث** لا غير (شكل ٢٧) فعلى ذلك
يظهر لنا القمر فى تشكيلاته المختلفة من اهل استلاله كفى (شكل ٢٩)
الى التربع الاول كفى (شكل ٢٨) الذى يظهر فيه نصفه منيرا والنصف الآخر
بظلمة ثم يصير على الهيئة التى فى (شكل ٢٧) قبل أن يتكامل نوره ويصير
قرا كاملا وفى ذهابه يكون مكسوفا بحيث لا يرى الراصد له نورا فاذا لم نعتبر
الا الجزء المنير وهو **ل ن ب** فلا مرجح لنسبته للكرة دون السطح
الممتد او المظروط فى جهة الشعاع النظرى وهالك الكيفية التى يعرف بها مقدار
هذا التفاضل

وحاصلها ان السطح المعتبر كانه مرآة منيرة يوجد فيه نقطة وهى نقطة و

كافي (شكل ٢٧) يرى الراصد منها صورة الشمس او الجسم المضي وهذه النقطة هي التي ينعكس فيها الضوء العظيم بالسطح ولذا سميت بالنقطة المنيرة فيلزم اذن تحديد وضعها ويسهل ذلك ان امكن مخطط عمودي في نقطة و على سطح الجسم فيثبت يكون اولا كل من الشعاعين العارض والمنعكس في مستوا واحد كالعمود المذكور وثانيا يحدث عن تلاقيهما مع هذا العمود زاوية واحدة وبموجب هذين الامرين تفيدنا الهندسة الوصفية طريقة ايجاد النقطة المنيرة من سائر السطوح المتنوعة بالنسبة لموضع معلوم للنظر واتجاه متحد الاشعة فكما اتصلت هذه الاشعة بالسطح وكان اتصالها به على شكل زاوية كثيرة الانحراف وكانت في انعكاسها كذلك كثرت ثبيت النور واخذ في التناقص وصار السطح قليل النور .

ومن المعلوم انه يمكن أن نرسم حول نقطة و جملة خطوط يظهر فوق محيطها للراصد ان النور المنتشر فوق الجسم واحد وهذه الخطوط تسمى بالخطوط المتساوية اللون فاذا رسمت يكفي ان تلونها بعدة الوان قوية او ضعيفة على حسب درجة الضوء المقابل لكل خط فيثبت يلوّن مع الضبط التام النور المتناقص بالتدرج فوق جزء السطح المنير .

ويعرف بشكل هذه الخطوط ووضعها حقيقة انحناء سطحها ونوعه ولها علامة سهلة يعرف بها الاسطوانات والمخاريط وجميع السطوح المنتشرة وعلامة اخرى يعرف بها الكرة وسطوح الدوران والسطوح الحلقية وعلامة ثالثة يعرف بها السطوح المخزونية والسطوح المعوجة وما شبه ذلك

ثم ان تلك الخطوط التي ذكرناها وان كانت غير مشاهدة في الاجسام لاسيما والوانها التي خصصتها لها القدرة الالهية تتناقض تناقضا متواليا على وجه غير محسوس ولا متناه الا ان النظر قد تعود على تمييز هذه الاشكال التي اختلاف شكلها

في الظل والضوء انما هو من اختلاف انواع السطوح ومع ذلك فيشاهد في هذا المعنى تفاوت عظيم في المهارة التي اكتسبها الناس على اختلاف درجاتهم بحسب ما عودتهم عليه صنائعهم من اعتبار بعض سطوح

مستوعبة الا ترى النحاس والسمكري وصانع المكايل فانهم يعرفون مع غاية
السهولة هل سطوحهم اوجزاؤها اسطوانية او مخروطية او منتشرة او نحو
ذلك اولا بخلاف غيرها فها رتبهم فيه دون ذلك

وكذلك خراطوا الاخشاب والمعادن وصانعو الفخار والفرقوري وغيرهم
يمن يصنع دأئما سطوح الدوران فانهم يعرفون من اول وهلة بدون مسهل
سطوحهم اوجز منها من عطف الدوران اولا وهل بعض اجزاها ممتدا ومفرد
بخلاف غيرها من الاشكال فهم فيه اقل مهارة

وكذلك المعمار جية فانهم يعرفون على ما ينبغي اشكال الاسطوانات والمخاريط
المماثلة لاسطوانات قبوات العمارات ومخاريطها ويعرفون ايضا سطوح
الدوران المشابهة لسطوح القبوات والاعمدة بخلاف غيرها من السطوح
الاجنبية عن اشغالهم فليس لهم بها معرفة على ما ينبغي

فن المهم ان تعود الامة بتمامها على ان تعرف بمجرد النظر حقيقة نوع السطوح
وكيفية صناعتها مطلقا سواء بلغت درجة الكمال ام لا لما ان ذلك وسيلة سريعة
في تقدم الصناعة والفنون المستطرفة وسبب الكلام على ذلك بملاحظات
ومباحث وسنشرح ذلك تفصيلا عند الكلام على الملاحظات والمباحث التي
بها تقسم دأئرة الادراك وتعيننا على ادارة اشغالنا (راجع الجلد الثالث في الكلام
على القوى المحركة)

وينبغي للنقاشين ان يتعودوا على ان يميزوا بمجرد النظر في كل جزء من السطح الذي
يريدون نقشه هل انحناءه على اتجاه واحد او مختلفان وان يميزوا ايضا اتجاه
الانحناء الاكبر من اتجاه الانحناء الاصغر وان يميزوا على السطوح استقامات
الانحناء الاكبر والانحناء الاصغر ليتيسر لهم العلامة العامة المدالة على
السطوح التي يفرضونها او يتقلون صورتها فبذلك تكون اشغالهم صحيحة
مضبوطة

وينبغي كذلك للمصور الذي يرسم بواسطة الالوان مجسمات ذات ثلاثة ابعاد على
سطوح ليس لها الابعاد ان يقف على حقيقة وضع المقدار اللازم من الالوان

اسهل سطح كي يتيسر له أن يرسم مثل تلك الصورة بواسطة قلم البوية
وبالجملة فينبغي لكل من الحسك والرسام أن يبذل جهده في مطالعة هذه
المباحث لتكون ضناعته على اتم الوجوه واكمل الاحوال

تم تعريب الجزء الاول من كتاب كشف رموز السر المصون * في تطبيق الهندسة
على الفنون * على يد معتر به الفقير الى الله تعالى المنان * عيسى افندي زهران *
وكانت مقابله على اصله * وتصحيح صعبه وسهله * وافراغ عباراته في هذا القالب *
سهل المأخذ للطالب * بمعرفة الفقير الى مولاه القوي * محمد قطة العدوي *
بعد اطلاع صاحب العلوم الرياضية * المتبحر في الفنون الهندسية * حضرة
بيومي افندي رئيس قلم هندسة وهو العارف باصطلاحاته * الخبير برموزه
واشاراته * وبانفاس ذي الفهم الثاقب * والرأي الصائب * حضرة رفاعة
افندي * حفظه المعيد المبدي * اذ كان المرجع اليه في حل مشكلاته *
والمعول عليه في فك معضلاته * جعله الله خالص الوجهه الكريم * ونفع به النفع
العميم * ويسر على احسن الاحوال تمامه * وكما احسن يده بحسب ختامه *
وكان تمام طبعه * وبدقة ينعه * بدار الطباعة العامرة * الكائنة في بولاق
مصر القاهرة * لازالت هي والمدارس المصرية * والاشغال الهندسية *
راقية مراقي الفلاح * صاعدة الى اوج النفع والنجاح * بهمة رب المعارف
الفاتحة في جميع العلوم * والافهام الرائقة في المنطوق والمفهوم * حضرة
ميرالو آدهم بك مدير ديوان المدارس * لا برحت بانفاسه مطلع الشمس
النفائس * ووافق ذلك الخامس والعشرين من شهر جمادى الاولى (سنة ١٢٦١هـ)

ستين ومائتين بعد الالف * من هجرة من خلقه الله على اكل

وصف * صلى الله عليه وسلم * وشرف

موكرم وعظيم

تم

